

자동차 도장공정의 납 노출수준 저감에 관한 작업환경 개선 사례

대한산업보건협회 부산산업보건센터 / 홍 창 배

1. 사업장 선정 배경

본 사업장은 특장차를 제작하는 업체로서 공장 내 도장공정에서 페인트, 신너 등의 유기 화합물을 사용하고 있으며, 작업환경측정 결과 도장공정에서 납이 초과 발생하는 것으로 나타났다. 게다가 사업장 담당자는 납이 초과 발생한다는 사실에 대하여 측정결과에 대한 신뢰도를 의심하고 있는 상황이었다.

본 사업장은 다른 자동차 정비 도장업체의 도장작업과 비교하여 볼 때, 특별히 열악한 작업조건이 아니었고, 납 농도(사용하는 도료에 납성분이 포함되어 있음)외에 다른 물질의 농도는 상대적으로 양호하게 검출되고 있었다. 담당자와 여러 정황에 대해 논의하던 도중 인근 공장에 납 용해로가 존재하고 납주물 제품을 생산하고 있다는 사실을 알게 되어 이 부분과의 상관관계가 있는지를 조사해 납이 초과하는 부분에 대한 원인을 규명하고, 개선계획을 수립하게 되었다.

2. 사업장 개요

사업장명	○○특장	소재지	경남 김해시 소재
업종명	특장차제조	주요생산품	특장차(환경)
근로자수	총계(남/여) 16(15/1)	사무직 3	생산직 13
보건관리자	○○과장	안전보건관리 책임자	○○부장
안전관리자	○○과장	노동관서	부산지방청 양산지청

2-1. 작업공정 흐름도

원재료	가공 (절단 및 절곡)	조립 (용접/사상)	도장	제품출하
철판 입고	절단기(shearing machin) 또는 절곡기(bending machine)를 사용하여 철판을 절단 또는 절곡함	절단 또는 절곡을 거친 피가공물을 조립하기 위하여 수동 용접한 후 용착 부분이 거칠어진 표면을 매끄럽게 다듬기 위하여 간헐적으로 핸드 그라인딩을 병행함	차체 표면의 부식 방지 및 외관 장식을 위하여 스프레이 도장을 실시	

3. 작업환경측정 및 특수검진 결과(2007년도)

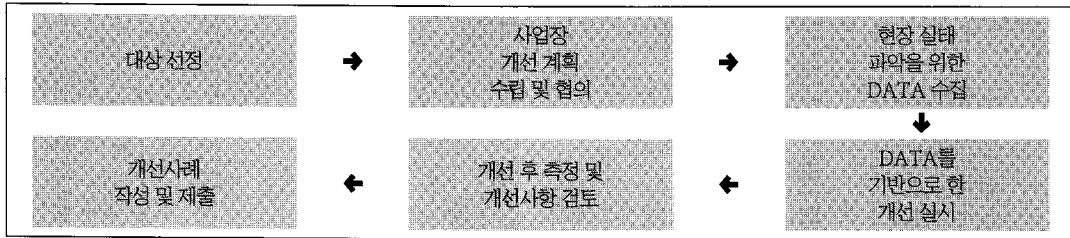
3-1. 작업환경측정 결과

공정	단위 작업 장소	유해인자	측정치	노출기준
조립	용접/사상	용접흄	3.11~4.35 mg/m ³	5.0 mg/m ³
		망간	0.0374~0.0767 mg/m ³	1.0 mg/m ³
		소음	88.1~88.4 dB(A)	90 dB(A)
가공	절단/절곡	소음	88.6~89.2 dB(A)	90 dB(A)
도장	분무도장	벤젠	0.4120 ppm	1 ppm
		에틸벤젠	6.7540 ppm	100 ppm
		크실렌	5.9260 ppm	100 ppm
		톨루엔	0.7340 ppm	50 ppm
		노말hexan	5.0130 ppm	50 ppm
		연(무기흡)	0.8515 mg/m ³	0.05 mg/m ³

3-2. 특수검진 결과(혈중납)

공정	수검인원	혈중납	참고범위	판정
도장	1	20.9	0~40 ug/100ml	정상

4. 작업환경 개선계획 추진 일정



5. 작업환경실태 파악 및 개선대책 적용

작업환경을 개선하기 위해서 가장 먼저 선행되어야 할 일은 도장공정의 Pb 농도가 노출기준을 초과하는 원인을 찾는 것이었다. 초과 가능성은 크게 세 가지로 생각하여 볼 수 있었다.

첫째, 공장 외부로부터의 유입. 둘째, 도장공정에 설치된 국소배기장치의 성능 불량. 셋째, 사용하는 물질(도료, 희석제)의 문제 등이다. 또한 복합적으로 작용하여 발생할 가능성도 배제하지 않았다.

1) 공장 외부로부터의 유입

도장 공정 옆 공장은 납주물 제품을 취급하는 사업장으로 당 사업장의 도장공정으로 환기구가 개방되어 있었다. 이는 도장공정에서의 Pb 농도를 증가시킬 수 있는 요인으로 작용할 수 있다.

2) 도장 공정에 설치된 국소배기 장치의 성능 불량

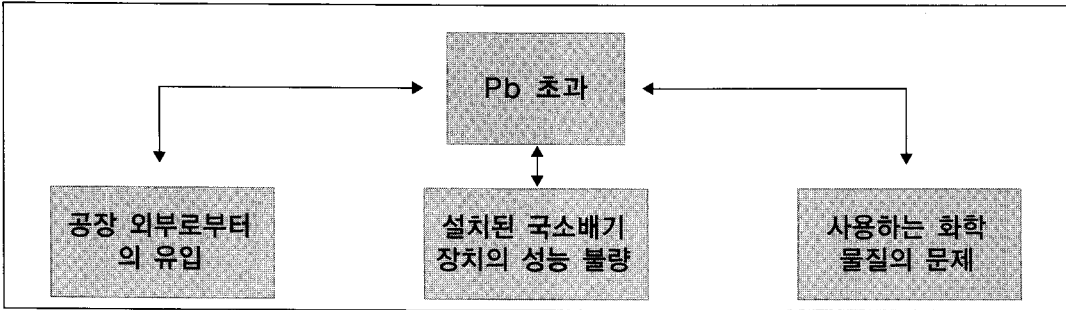
현재 설치되어진 국소배기장치가 발생하는 유해인자를 적절히 제어하지 못하는 경우이다. 국소배기자체검사를 통한 국소배기장치의 성능 점검이 필요하다.

3) 사용하는 물질(도료, 희석제)의 문제

도장 공정에서 사용하는 도료에는 안료로서 금속성분이 포함되어져 있다.(MSDS 참조)

<표 1> 도장 공정에서 사용중인 도료의 MSDS

명칭	CAS번호	함유량(%)
Pb화합물	61790-14-5	0.9~1.1
Mn	1336-93-2	0.2~0.3
V-1	148092-61-9	46~48
TiO2	13463-67-7	3~5
알키드수지	61215-87-0	37~39
P.Blue, K.Green		0.1~0.3



〈그림 1〉 도장 공정의 Pb농도 초과 원인 파악

5-1. 공장 외부로부터의 유입 가능성

- 원인 : 도장 공정의 옆 공장은 납주물 제품을 취급하는 사업장으로 당 사업장의 도장 공정으로 환기구가 개방되어 있어 이는 도장 공정에서의 Pb의 농도를 증가시킬 수 있는 요인으로 작용 할 수 있음.



- 대책 : 현장 전체를 인근 납 제품 제조 공장을 중심으로 지역시료 포집법으로 납 농도를 측정하여 인근 공장과의 인과관계의 유무를 조사, 인과관계가 있을 경우 격벽설치나 환기구의 위치이동 등을 고려함

〈표 2〉 현장 내 Pb 농도 [지역시료포집 결과]

(단위 : mg/m³)

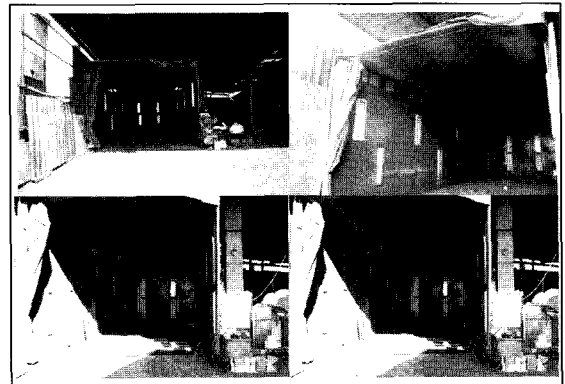
측정점	P1	P2	P3	P4	P5
농도	0.0005	0.0004	0.0003	0.0002	불검출
측정점	P6	P7	P8	P9	P10
농도	불검출	불검출	0.0461	0.0006	불검출

* 대상 사업장은 작업이 없는 날이었고 인근공장은 작업이 이루어짐

지역시료 포집 결과, 인근 공장에서의 유입되는 Pb의 양은 거의 없는 것으로 보인다. 인근 공장과 접한 위치의 시료에서는 모두 불검출 또는 미미한 값을 나타내고 있으며, 오히려 도장 부스를 중심으로, 작업이 없음에도 불구하고 비교적 높은 수치를 보여주고 있다. (P8은 도장 부스 내부에서 측정)

5-2. 도장 공정에 설치된 국소배기장치의 성능불량

- 원인 : 도장 공정에 설치되어 있는 국소배기장치의 성능 저하로 인하여 발생하는 유해인자를 적절히 제어하지 못하는 경우.
- 대책 : 설치된 국소배기장치의 자체 검사를 통한 성능 평가 및 이를 토대로 점검 정비로 국소배기장치의 적정성능 확보.



〈그림 2〉 도장 공장 부스

설치된 국소배기장치는 발생하는 유해인자를 적절히 제어하지 못하고 있었다.

부스의 형태로 볼 때 제작 당시에는 포위식 밀폐형 후드로 제작되어졌으나 〈그림 2〉에서 알 수 있듯이 부스의 출입문이 제거되어진 상태로, 제작 당시와는 다른, 외부기류의 영향을 받는 형태로 변형되어 사실상 국소배기장치로서의 기능이 상실되어 있는 상태이다.

〈표 3〉 국소배기 자체검사 결과

(단위 : m/sec)

작업내용	도장작업		법정제어 풍속	0.7	
후드형식	부스형		실측제어 풍속	0.15	
0.07	0.11	0.17	0.25	0.12	0.10
0.18	0.03	0.32	0.04	0.11	0.12
0.27	0.12	0.13	0.14	0.09	0.13
0.38	0.18	0.10	0.16	0.13	0.15

국소배기장치 개선 대책

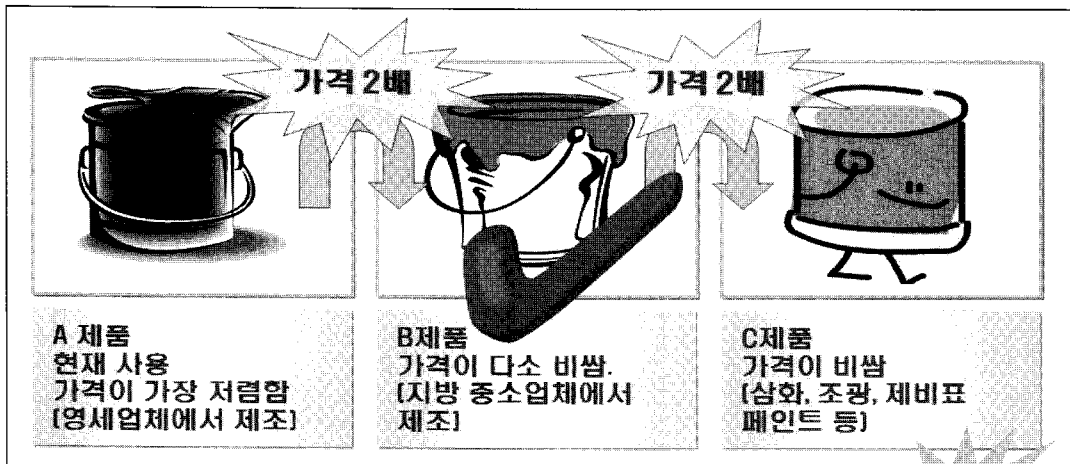
- 부스 출입구에 출입문을 설치하여 외부기류 유입 차단
 - 도장 작업제품이 대부분 큰 구조물의 형태여서 사람이 이송하기가 곤란하여 지게차를 이용하여 도장물을 부스 내부로 이동하고 있음.(초기 설치된 출입문은 지게차가 수시로 드나들면서 파손되어 분리하여 폐기함.)
 - 지게차 출입으로 인하여 부스 출입구에 출입문 설치가 불가능.
- 푸쉬-풀 후드로 보완 고려
 - 현재 설치된 부스는 상부에서 급기가 이루어지고 하부로 배기가 이루어지는 방식임. 또한 출입문이 없을시 외부기류의 유입으로 설치 효용성이 없음.
- 국소배기장치의 재설치 고려
 - 국고지원(CLEAN 3D) 사업으로 설치한 시설물이라 재설치가 불가능.

5-3. 사용하는 화학물질(도료, 희석제) 문제

- 원인 : 도장시 사용하는 도료를 저급 제품을 사용함으로써 고농도의 유해물질이 발생하는 경우.
- 대책 : 현재 사용중인 도료를 보다 상급의 제품으로 대체하여 작업을 하며 이때 작업환경 측정을 실시하여 평가함.
사용도료의 문제일 경우 생산제품의 시장 경제성에 큰 문제가 없는 범위 내에서 물질을 대체함.



〈그림 3〉 현재 사용중인 도료



〈그림 4〉 사용중인 도료와 상급의 제품 비교

13.7배
농도감소

〈표 4〉 B제품으로 대체 후 작업환경 측정 실시 결과 ['08상반기 측정]

	납	벤젠	에틸벤젠	크실렌	톨루엔	노말hexan
A제품	0.8515	0.4120	6.7540	5.9260	0.7340	5.0130
B제품	0.0619	0.2705	0.9767	0.7221	0.6814	10.8909

6. 최종개선



(표 5) B제품으로 대체/송기 마스크 착용 후 작업환경 측정 실시 결과 ['08하반기 측정]

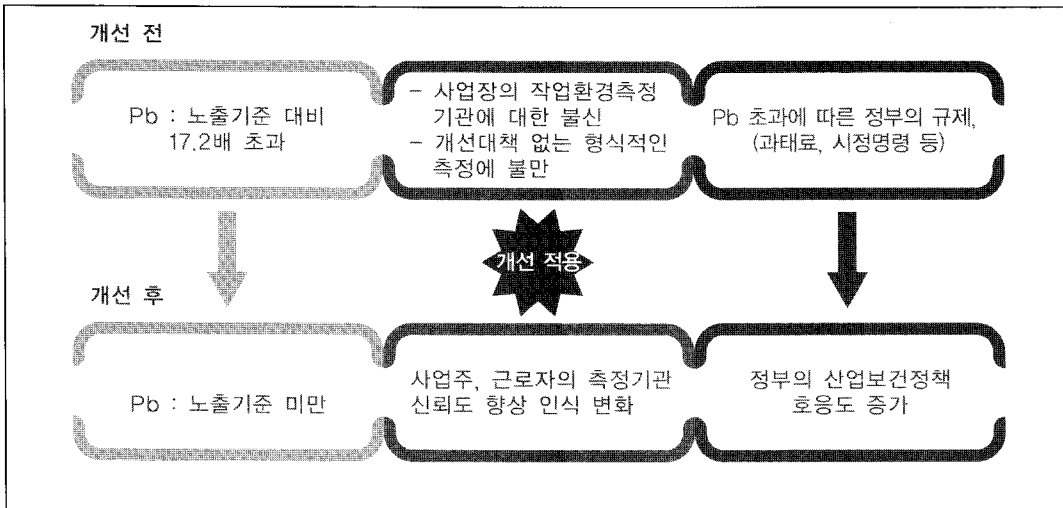
유해인자	단일	L-전	L-후	유형	측정시간	횟수	측정치	전회	금회	기준	초과	측정방법	분석방법	성명
<input type="checkbox"/> 벤젠	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		08:25~16:27	1	0.0017	0.2705	0.0017	1	1.미만	고체채취법	GC(다수)	김영
<input type="checkbox"/> 메틸벤젠	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				N.D	0.9767	N.D	100	1.미만			김영
<input type="checkbox"/> 톨루엔	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				N.D	0.6814	N.D	50	1.미만			김영
<input type="checkbox"/> 크실렌	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				N.D	0.7221	N.D	100	1.미만			김영
<input type="checkbox"/> 노알백산	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				0.0227	10.8909	0.0227	50	1.미만			김영
<input type="checkbox"/> 스토타드술펜트	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		08:25~16:27	1	N.D	0.9230	N.D	100	1.미만	고체채취법	GC(단일)	김영
<input type="checkbox"/> 분진(활석)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		08:25~16:27	1	0.0006	1.8096	0.4466	2	1.미만	여과채취법	중량분석법	김영
<input type="checkbox"/> 연(무기분진및흡)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		08:25~16:27	1	0.0006	0.0619	0.0006	0.05	1.미만	여과채취법	AAS(다수)	김영
<input type="checkbox"/> 산화철(홍)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				1	0.0002	0.0002	10	1.미만			김영
<input type="checkbox"/> 이산화티타늄	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			1	0.0002	N.D	0.0002	10	1.미만			김영

개선 전

0.8515mg/m³(노출기준 17배 초과)

개선 후

0.0006mg/m³(노출기준 미만)



7. 평가

중·소규모의 영세업체에서는 작업환경측정이나 근로자 건강진단을 소홀히 하는 경우가 있다. 또한, 작업환경측정기관 또한 산업보건의 본질적인 문제를 소홀히 하고 형식적으로 측정을 시행하는 곳도 있다. 하지만 작업환경개선이 고비용의 설비투자나 고도의 공학적인 지식만을 필요로 하는 것은 아니다. 작업환경 측정과 관련하여 기본적인 원칙만으로도 충분

히 큰 효과를 낼 수 있다는 점은 고무적인 부분이었다.

단순한, 반복적인 작업환경측정에서 벗어나 본질적인 문제점을 파악하고 대책을 제시한다면 사업주나 근로자의 인식의 변화는 그리 요원한 일은 아닐 것이다. 🌱