



폴리우레탄 코팅 장갑 생산업체의 작업환경 개선 사례

대한산업보건협회 마산산업보건센터 / 이 명 준

1. 사업장 선정 배경

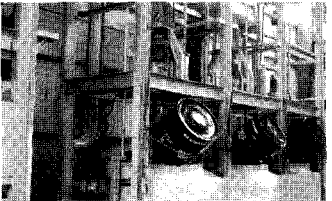

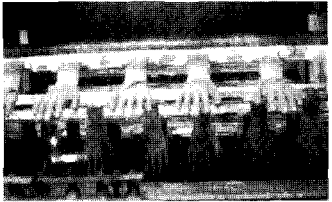

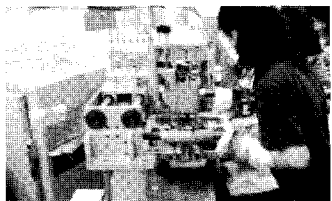
본 사업장은 제진용 폴리우레탄 코팅 장갑을 생산하는 업체로 2007년도 하반기 작업환경 측정 및 수시 작업환경측정 결과, 원료 배합 공정에서 디메틸포름아미드가 노출 기준을 초과하는 수준으로 나타났으며 코팅, 장갑장착 및 탈착공정은 디메틸포름아미드의 노출수준이 노출기준 대비 50% 이상으로 나타나고 있다.

또한 특수건강진단 결과, 디메틸포름아미드의 노출로 인해 특수건강진단 인원 대비 요관 찰자가 69%(29/45)를 차지하였고, 직업병 유소견자도 1명이 발생하는 등 작업환경개선이 시급히 요구되는 실정이었다.

2. 사업장 개요

사업장명	(주)○○진주공장	대표자	염○○
소재지	경남 진주시 금곡면		
근로자수	83명	업종	장갑 제조업
주생산품	폴리우레탄 코팅 장갑		

2-1. 작업공정 흐름도

공정명	작업내용																								
원료배합	<p>5가지의 원료를 배합기에 투입하여 교반 후 서비스 탱크로 이송하여 코팅조에 공급</p> <table border="1" data-bbox="330 606 861 751"> <thead> <tr> <th colspan="6" data-bbox="330 606 861 639">배합원료의 종류</th> </tr> <tr> <th data-bbox="330 639 417 678" rowspan="2">구분</th> <th colspan="5" data-bbox="417 639 861 678">배합 물질명</th> </tr> <tr> <th data-bbox="417 678 503 716">희석제</th> <th data-bbox="503 678 589 716">PU (폴리우레탄)</th> <th data-bbox="589 678 676 716">첨가제</th> <th data-bbox="676 678 762 716">침전방지제</th> <th data-bbox="762 678 861 716">습식착색제 (TOUER)</th> </tr> <tr> <th data-bbox="330 716 417 751">물질명</th> <td data-bbox="417 716 503 751">DMF</td> <td data-bbox="503 716 589 751">S,W-8081</td> <td data-bbox="589 716 676 751">AD-50</td> <td data-bbox="676 716 762 751">AD-58</td> <td data-bbox="762 716 861 751">MU-110GREY</td> </tr> </thead> </table>	배합원료의 종류						구분	배합 물질명					희석제	PU (폴리우레탄)	첨가제	침전방지제	습식착색제 (TOUER)	물질명	DMF	S,W-8081	AD-50	AD-58	MU-110GREY	
배합원료의 종류																									
구분	배합 물질명																								
	희석제	PU (폴리우레탄)	첨가제	침전방지제	습식착색제 (TOUER)																				
물질명	DMF	S,W-8081	AD-50	AD-58	MU-110GREY																				
장갑 장착	코팅기의 장갑거치용 mold에 장갑을 장착																								
코팅 응고 수세 건조	폴리우레탄 코팅액에 디핑하여 코팅한 후 응고, 수세, 건조 과정을 거치는 공정으로, 자동화 설비로 운용됨																								
탈착	코팅 후 건조된 장갑을 mold에서 분리																								
인쇄 출하	코팅이 완료된 장갑에 제조사명, 제조 연월일 등의 문구를 수성잉크를 이용하여 날인한 후 검사, 포장, 출하됨																								

2-2. 2007년 공정별 DMF 노출 수준 측정 결과

공정	구분	2007년(하)	2007년(수시)	노출기준	비고
배합		11.2739	15.5048	10 ppm	초과
코팅		6.3452	4.5632		50% 이상
장착		7.7215	4.9127		
탈착		8.4389	6.2382		




* 공정별 측정치는 최고치 적용

2-3. 2007년 특수건강진단 결과

공정	구분	수진자수	C ₁	D ₁
인원수		45	29	1

3. 개선 계획 및 현황

3-1. 문제점 및 원인분석

공정	문제점 및 원인	개선 방향
배합 	1. 노출기준을 초과하는 수준의 DMF 발생 2. 국소배기장치 미설치 3. DMF 투입 부위 개방 상태로 밸브 수 조작	1. 국소배기장치 설치 2. DMF 투입부 밀폐 3. DMF 투입부에 후드 설치
코팅 	1. 코팅설비 내 출입 2. 개방부위로 용제 증기 확산 3. 천정 환기 팬 부족	1. 불필요한 출입 자제 2. 누출부위 밀폐 3. 환기팬 추가 설치
장착, 탈착 	1. 배기장치의 효율 저조 2. 건조 후 잔열로 인한 증기 발생 3. 코팅설비 공간과 격리되지 않아 DMF 증기가 유입됨 4. 개인보호구 미착용	1. 송풍량 증대 2. 비닐커튼 보강으로 제어 속도 향상 3. 건조 후 탈착까지의 냉각시간 부여 4. 코팅공정과 장갑 장착 작업 공간을 격리 5. 개인보호구 착용

3-2. 작업환경 개선계획 수립

1) 작업환경 개선팀 구성

팀	인원(명)	분담업무
보건담당자	1	개선계획수립
공무팀	2	설비개선
보건관리자	1	원인도출 및 개선지도
작업환경측정자	1	개선지도 및 개선효과 확인
한국산업안전보건공단	2	컨설팅 및 개선비용 지원(2차개선)

2) 개선 우선순위 및 개선목표 선정

순위	공정	개선계획	목표
1순위	배합	국소배기장치 신설	DMF 노출수준을 노출기준의 10% 이내로 저감한다.
2순위	장착/탈착	비닐커튼 설치	DMF 노출수준을 노출기준의 10% 이내로 저감한다.
3순위	장착/탈착	코팅공정과 장착/탈착 작업공간을 분리	DMF 노출수준을 노출기준의 10% 이내로 저감한다.
4순위	코팅	코팅, 수세, 건조설비의 누출부위 밀폐	DMF 노출수준을 노출기준의 20% 이내로 저감한다.

3) 세부 추진일정 수립

일정	추진내용
1월	작업환경 개선 추진팀 구성
2~3월	원인분석을 근거로 한 개선 우선순위 선정 및 개선계획 수립
4월	소요 인력 및 비용 산정
5월	1단계 개선
6월	작업환경측정 / 작업환경 개선비용 지원 신청 - 한국산업안전보건공단
7월	측정결과를 참조하여 개선결과를 평가하고 2단계 개선계획 수립
8월	2단계 개선
10월	개선결과 확인
12월	작업환경측정 및 최종 개선결과 평가 및 향후 관리방안 토의

4. 개선 사업 수행


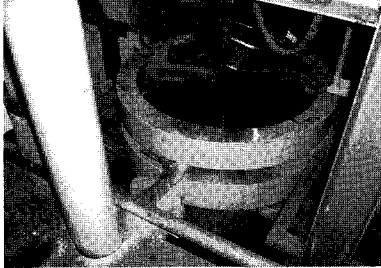
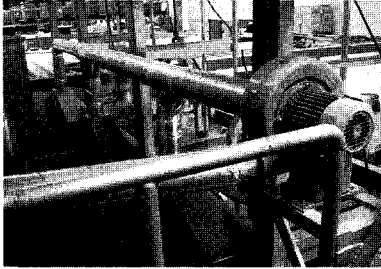
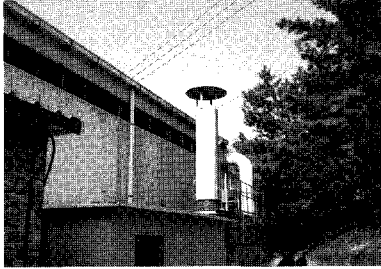
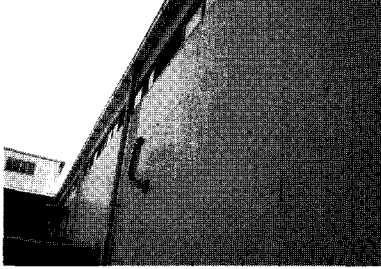

4-1. 1단계 개선현황

개선현황 공정	개선 전	개선 후
원료 배합		
국소배기장치가 없던 배합기에 상방 외부식 장방형 국소배기장치 설치		
장착/탈착		
장착/탈착 공정 후드 유입면에 비닐 커튼을 보강하여 흡인효율 증대		
		
장착/탈착 공정과 코팅설비 공간이 분리되도록 출입문 설치		

4-2. 1단계 개선결과 평가 및 2단계 개선계획 수립

공정	평가	개선계획
배합	<ul style="list-style-type: none"> - 국소배기설비 설치 후 작업자의 노출량을 줄이는 데는 기여하고 있으나 목표치를 달성 하기 위해서는 후드의 형식이 개선되어야 함 - 27 m³/min의 풍량을 가진 송풍기로는 적절한 제어풍속을 발휘하기에 역부족임 - 최종배출구가 공장 상부 창문 아래에 위치하고 있어 배출된 오염공기가 공장내부로 재유입될 우려가 있음 - 공기정화장치 없이 오염공기를 배출하고 있어 환경오염의 우려가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - 국소배기후드의 형식 개선 상방 외부식 → 링 후드 - 풍량이 큰 송풍기로 교체 - 최종배출구는 지붕위로 위치하도록 연장 설치 - 공기정화장치 설치 <p>※ 작업환경 개선비용 지원 신청</p>
배합 (DMF 배출구)	<ul style="list-style-type: none"> - DMF 투입부를 조작할 경우, 고농도의 용제증기에 노출될 우려가 있음에도 개선 되지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> - DMF 투입배관 라인을 연결하여 밀폐토록 조치
장착/탈착	<ul style="list-style-type: none"> - 제어효율의 상승으로 노출량 저감 - 탈착 작업 시 불편함을 호소 - 호흡기 위치에서 흡입할 수 있는 배기설비의 설치 검토 	<ul style="list-style-type: none"> - 배합기에 신설될 국소배기 장치에 연장하여 장착/탈착 공정 안면부 위치에 흡인후드 설치


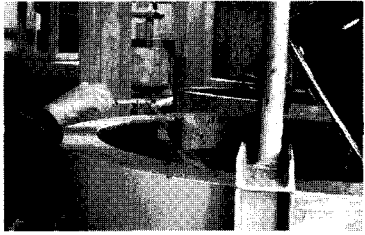
4-3. 2단계 개선현황

공정	개선현황	1차 개선 전	2차 개선 후
			
		<p>상방 외부식 장방형 후드를 배합조 투입부에 링후드로 교체 설치</p>	
배합			
		<p>공기정화장치가 없던 소형송풍기(27 m³/min)를 공기정화장치가 설치된 대형송풍기(200 m³/min)로 교체</p>	
			
		<p>최종배출구(stack)를 공장 지붕위로 올려 설치함</p>	

공정 / 개선현황	1차 개선 전	2차 개선 후
배합		
DMF 투입부위에 국소배기 후드를 설치		
장착		
장착 공정 유해인자 배출 경로에 슬롯형 후드 설치		
탈착		
비닐커튼을 제거하고 안면부 높이에 슬롯형 후드 설치		

5. 개선효과

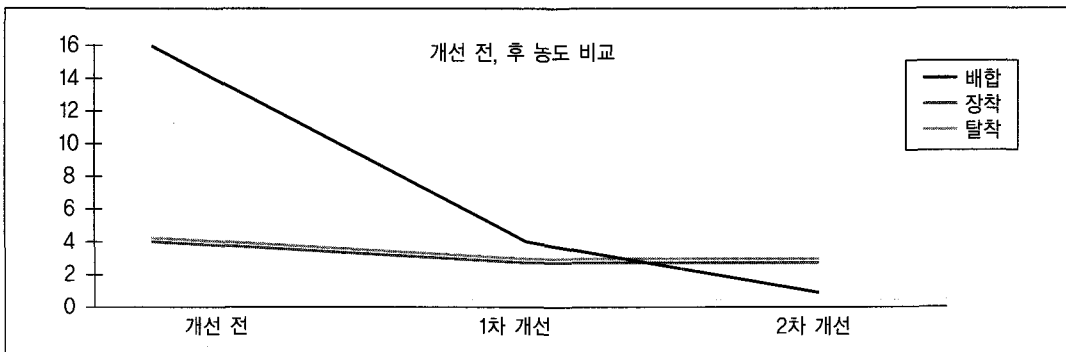
5-1. 배합공정 국소배기 후드의 제어속도(배합탱크 상부)

구분	공정 사진	제어속도(m/s)
1차 개선		1호기 : 0.06~0.45
		2호기 : 0.05~0.39
		3호기 : 0.02~0.38
2차 개선		1호기 : 0.55~0.68
		2호기 : 0.61~0.70
		3호기 : 0.55~0.66

5-2. 공정별 개선 전·후 DMF 노출농도 비교

공정	구분	개선 전	1차 개선	2차 개선
배합		15.5048	4.1819	0.8087
장착		3.6088	1.8029	1.6677
탈착		3.8869	2.0223	1.7583

* 공정별 측정치는 평균치 적용



배합, 장착, 탈착 공정을 대상으로 개선활동을 실시한 결과, 배합공정은 개선 완료후 측정된 DMF 노출량이 0.8087 ppm으로 당초 개선계획 수립 시 목표치로 설정하였던 노출기준의 10% 이내로 줄이는데 성공하여 목표를 달성하였다.

또한 장착/탈착공정은 노출기준의 10% 이내로 줄이지는 못하였으나 개선 전에 비하여 노출 수준을 절반이하로 줄여 나름대로의 개선효과를 거두었다고 평가할 수 있다.

6. 문제점 및 향후 관리방안

배합 공정은 현재의 국소배기장치의 형식과 효율이 매우 양호하여 발생하는 DMF 용제증기에 대한 작업자의 노출을 저감하는데 효과적인 것으로 나타났으며 현재의 상태가 유지될 수 있도록 지속적인 관리가 요구된다.

또한 장착/탈착 공정에 설치된 슬롯형 후드는 좀 더 높은 제어효율을 발휘하기 위하여 후드면에 플랜지를 부착하는 방안 등의 지속적인 검토가 요구된다.

코팅공정은 당초 개선계획 수립 시 우선순위를 두지 않았고 공단의 자금지원 또한 받지 못하여 개선이 이루어 지지 못하였다. 코팅부스에 설치중인 각종 전기설비, 배선 등으로 인한 누설부위는 실링제를 도포하여 최대한 밀폐하도록 하고 천정 환기팬을 추가 설치하여 작업장 내에 정체되는 용제증기성분을 신속히 배출시키는 설비보강의 추진 과제를 남겨두고 있다.

또한 설비개선적인 부분과 더불어 개인보호구 착용과 같은 관리적인 부분의 개선이 동반되어야 함에도 장착/탈착공정 근무자의 호흡용 보호구 착용에 대한 인식을 개선하지 못한 부분은 아쉬움으로 남는다.

앞으로 설비 공학적인 개선과 함께 개인보호구 착용에 대한 인식을 고취하기 위한 관리적인 개선 부분에도 심혈을 기울여 쾌적한 작업환경조성과 근로자의 직업병을 예방토록 하여야 할 것이다. 🍷