

합성수지 제조 사업장의 코팅공정에서 발생하는 유기화합물 저감에 관한 개선 사례

대한산업보건협회 대전산업보건센터/ 유 훈 중

1. 사업장 선정 배경

○○○사업장은 합성수지를 만드는 제조업체로서 공장 C동에 설치된 코팅기 및 라미인쇄기에서 유기화합물(주성분 톨루엔)을 사용하고 있다.

공장C동의 코팅기 및 라미 인쇄기에 실리콘을 투입 시 그 속에 함유된 톨루엔 등의 유기화합물이 공장 C동 전체로 확산되어 인근 가공기 작업자에게까지 영향을 미치고 있어

2006년 하반기 톨루엔 등의 투입구에 비닐을 이용한 밀폐를 설치하여 1차 개선이 이루어졌으나 작업자의 밀폐를 작업빈도 및 작업자세, 방법, 온도(밀폐룸 내부 온도 40℃) 등에 의해 일부 근로자가 노출 기준 100 ppm에 근접하는 폭로수준을 보였으며 2008년 톨루엔의 노출기준이 50ppm으로 강화되고 톨루엔 요관찰자(C₁)가 발생, 증가함에 따라 2차 개선계획을 수립하게 되었다.

2. 사업장 개요 및 질병자 현황

2-1. 사업장 개요

사업장명	소재지	근로자수	주요생산물
○○○ 공장	충남 ○○○ ○○○	105	합성수지

2-2. 질병자 현황

년도별 (최근3년)	근로 자수	질병유소건자		질병유소건자		질병유소건자
		직업병(D ₁)	일반병(D ₂)	직업병(C ₁)	일반병(C ₂)	
2005년	92	-	3	2	-	감각신경성난청 2명
2006년	95	-	3	3	3	틀루엔 1명 감각신경성난청 2명
2007년	105	-	1	4	1	틀루엔 2명 감각신경성난청 2명

3. 작업환경 측정 결과(개선 전, 후)

3-1. 작업환경 측정 결과(개인시료)

공장	공정	작업내용	2007년 상반기(개선 전)			2007년 하반기(개선 후)		
			유해인자	측정치	노출기준	유해인자	측정치	노출기준
C 동	코팅기	종이 이형제 투입 및 기기관리	틀루엔	40.3995~ 97.7717	100ppm	틀루엔	8.9430~2 8.3434	100ppm
	라미인쇄기	Flexo 용제 투입 및 기기관리	틀루엔	47.0979	100ppm	틀루엔	3.1404	100ppm

3-2. 작업환경 측정 결과(지역시료)

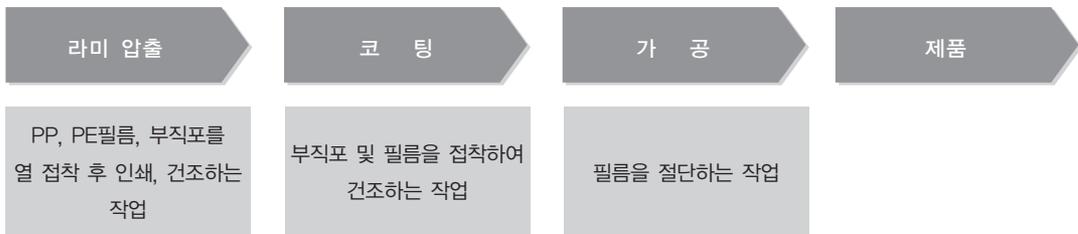
공장	공정	작업내용	2007년 상반기(개선 전)			2007년 하반기(개선 후)		
			유해인자	측정치	노출기준	유해인자	측정치	노출기준
C 동	코팅기	종이 이형제 투입 및 기기관리	틀루엔	440.0647	100ppm	틀루엔	83.2805	100ppm
	라미인쇄기	Flexo 용제 투입 및 기기관리	틀루엔	43.5112	100ppm	틀루엔	2.4640	100ppm

4. 화학물질 사용 현황 및 작업 공정도

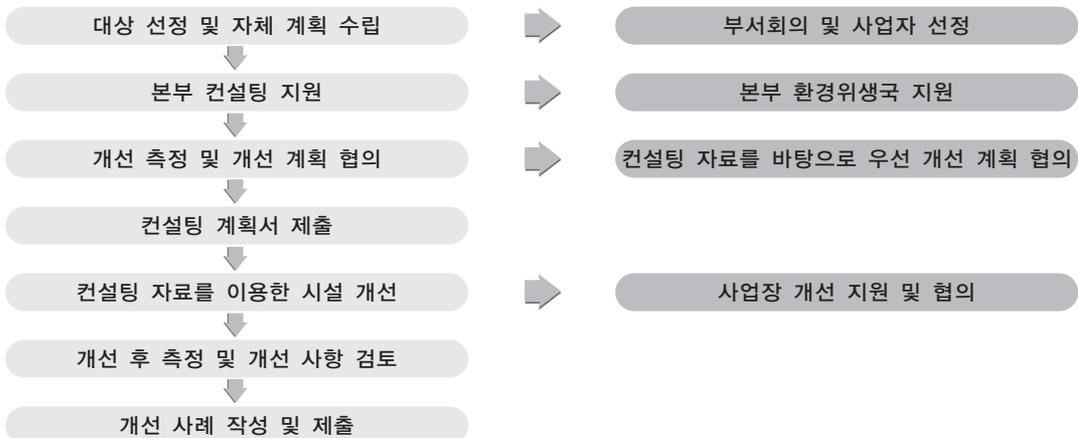
4-1. 화학물질 사용 현황

공정	취급 공정	화학물질명	월사용량 (Ton) (kg)	비고
C 동	코팅기 및 라미인쇄기	SYI-OFF 7362 COATING	40TON	Toluene 함유
		SYI-OFF 7367 CROSSLINKER	9TON	
		SYI-OFF 4000 CAIALYST	60kg	
		Flexo ink(SC-Delta 1905C)	300kg	
		Flexo ink (지건용제)	600kg	메탄올 함유

4-2. C동 작업 공정도

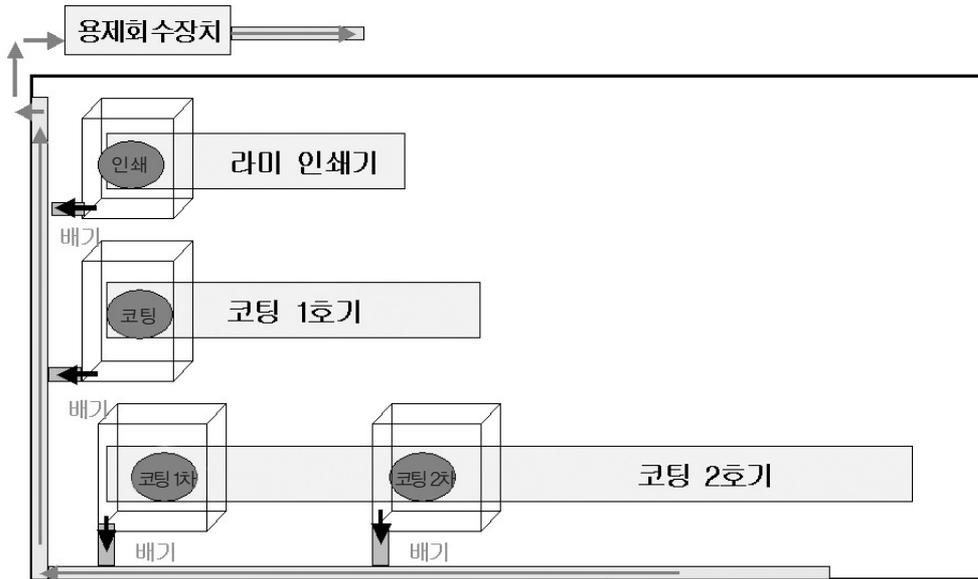


5. 작업환경 개선 추진 현황



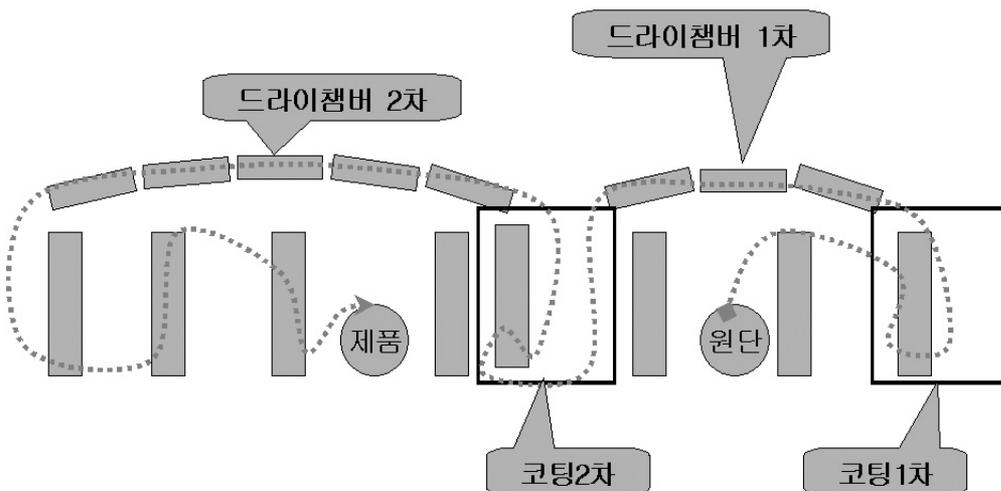
6. C동 설비 배치도 및 공정 흐름도

6-1. C동 설비 배치도



6-2. 공정 흐름도

원단 흐름 방향 :→

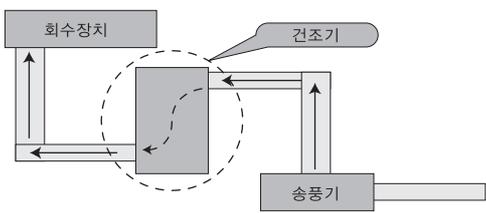
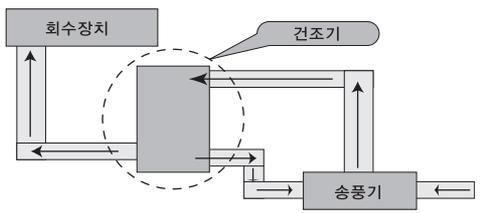


7. 개선 우선순위

- 1) 급기와 배기의 균형이 맞지 않아 기류가 Dry Chamber 및 밀폐룸 외부로 토출되므로 급기와 배기의 Balance 조정
- 2) 코팅기 Room 내부에 체류하고 있는 톨루엔의 농도를 저감시키기 위해 톨루엔의 회수율을 높이고 신선한 외부공기를 공급
- 3) 외부로 토출 되고 있는 기류를 막아 압력손실을 줄여 배기 효율을 높임
- 4) 작업자의 작업 행동 영역에 맞는 후드 및 덕트 설치
- 5) 유기 화합물이 체류 및 확산되는 부위를 중점적으로 개선

8. 개선 전 현황 및 개선 후 현황

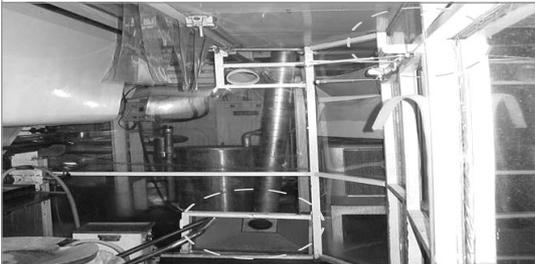
8-1. 코팅 2호기 COAT-1,2 액상투입

개선 전	개선 후
	
코팅 2호기 COAT-1, 2 액상 투입	코팅 2호기 COAT-1, 2 액상 투입
<p>☞ 현황 및 문제점</p> <p>송풍기 공기 흡입구가 현장의 공기를 흡입 하도록 되어 있어 현장에 음압이 형성되고, 회수장치의 실제 흡입 용량 (250m³/min)보다 공급량이 커 건조기 틈새로 용제증기가 누출되어 현장에 확산 되고 있음.</p> <p>※ 송풍기 평균 송풍량 : (400m³/min)</p>	<p>☞ 개선사항</p> <p>송풍기의 공기 흡입구를 건조장치에 연결하여 회수장치로 흡입시키고 남은 용제증기를 송풍기로 리사이클 하며 송풍기 흡입구에 댐퍼를 부착하여 공기 흡입량을 조절 할 수 있도록 함.</p> <p>※ 드라이챔버(8개), 코팅챔버(2개)</p>

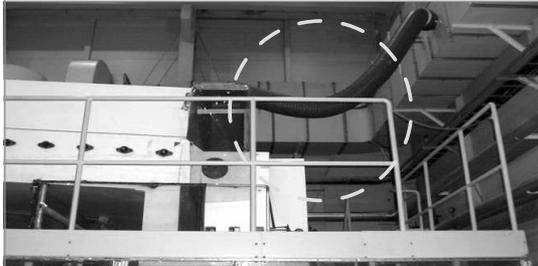
8-2. 코팅 2호기 COAT-1,2 액상투입

개선 전	개선 후
	
<p>코팅 2호기 COAT-2 액상투입 건조기</p>	<p>코팅 2호기 COAT-2 액상투입 건조기</p>
<p>현황 및 문제점 송풍기 공기 흡입구가 현장의 공기를 흡입 하도록 되어 있어 용제증기가 누출되어 현장에 확산 되고 있음</p>	<p>개선사항 송풍기의 공기 흡입구를 건조장치에 연결하여 회수장치로 흡입시키고 남은 용제증기를 송풍기로 리사이클 시킬 수 있는 열풍순환 예열 덕트를 설치</p>

8-3. 코팅 2호기 COAT-1 액상투입

개선 전	개선 후
	
<p>코팅 2호기 COAT-1 액상투입</p>	<p>코팅 2호기 COAT-1 액상투입</p>
<p>현황 및 문제점 상부에 냉풍 주입 및 가습 장치의 급기구가 설치되어 있으며 입구 상부 및 하부에 배기장치가 설치되어 있으나 급·배기 밸런스가 맞지 않아 기류가 작업장으로 토출되고 있으며 Room에서 난기류가 발생되어 휘발 용제로 인해 Room내부 용제농도가 높은 것으로 판단됨</p>	<p>개선사항 급기량 과다로 인한 난기류를 제거하기 위해 냉풍기를 제거하고 상부 및 측면에 설치된 배기후드는 상부에 급기용 다공판과 하부에 배기후드로 교체하여 room내부의 난기류 제거와 작업자 호흡기를 보호하도록 조치</p>

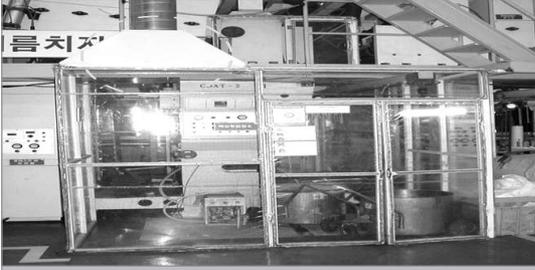
8-4. 코팅 2호기 COAT-1 액상투입 상부 및 1-1 Chamber

개선 전	개선 후
	
<p>코팅 2호기 COAT-1 상부 및 1-1 Chamber</p>	<p>코팅 2호기 COAT-1 상부 및 1-1 Chamber</p>
<p>현황 및 문제점 코팅 2호기 COAT-1 및 1-1 Chamber에서 토출기류에 의해 용제증기가 휘발되어 작업장으로 확산되고 있으며 국소배기장치가 제 성능을 발휘하지 못함</p>	<p>개선사항 코팅 2호기 COAT-1 액상투입장에 옥외공기를 이용한 공기를 주입하고, 1-1 Chamber를 비닐룸으로 밀폐하여 외부로의 용제확산을 막고 배기덕트를 이용해 배기하여 용제증기의 확산을 막음</p>

8-5. 코팅 2호기 COAT-2 상부 및 1-2, 2-5 Chamber

개선 전	개선 후
	
<p>코팅 2호기 COAT-2 상부 및 1-2, 2-5 Chamber</p>	<p>코팅 2호기 COAT-2 상부 및 1-2, 2-5 Chamber</p>
<p>현황 및 문제점 코팅 2호기의 COAT-2의 상부에 있는 1-2 Chamber에서 토출 기류에 의해 용제의 휘발 확산이 발생되고 있음</p>	<p>개선사항 코팅 2호기의 COAT-2의 상부에 있는 1-2 Chamber는 비닐 룸으로 밀폐하여 토출 기류에 의한 용제의 휘발 확산을 방지함</p>

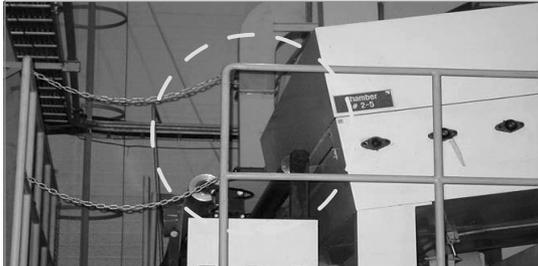
8-6. 코팅 2호기 COAT-2 액상투입

개선 전	개선 후
	
<p>코팅 2호기 COAT-2 액상투입</p>	<p>코팅 2호기 COAT-2 액상투입</p>
<p>현황 및 문제점</p> <p>출입문 상부 측면에 후드를 설치하여 배기시키고 있으나 코팅액 투입에 의한 톨루엔의 실내 체류가 높고 작업자가 출입문 앞에서 톨루엔 용기를 보충하는 작업이 이루어지고 있어 작업시 유기용제의 폭로되고 있음</p>	<p>개선사항</p> <p>출입문 상부에 급기용 다공판을 설치하고 현 설치된 후드는 덕트를 연결하여 작업장 하부에서 유기화합물을 포집 제어하도록 하였으며, 코팅액 투입공정 상부에 비닐커튼을 설치하여 작업자의 작업영역에 용제증기가 휘발되지 않도록 조치</p>

8-7. 코팅 2호기 COAT-2 액상투입 코팅 받침대

개선 전	개선 후
	
<p>코팅 2호기 COAT-2 액상투입 코팅 받침대</p>	<p>코팅 2호기 COAT-2 액상투입 코팅 받침대</p>
<p>현황 및 문제점</p> <p>코팅 접시 받침대 부근에서 높은 농도의 톨루엔이 체류하여 밀폐룸 하부로 체류 확산되고 있음</p>	<p>개선사항</p> <p>코팅 접시 받침대에서 비닐룸 하부로 체류 확산되는 유기화합물을 포집 회수장치로 이송하고 배기후드로 제어하여 비닐룸 내부의 톨루엔 농도를 낮춤</p>

8-8. 코팅 2호기 2-5 Chamber

개선 전	개선 후
	
<p>코팅 2호기 2-5 Chamber</p>	<p>코팅 2호기 2-5 Chamber</p>
<p>현황 및 문제점 건조기 2-5 Chamber의 출구에 설치된 개구부에서 기류가 토출되어 오염물질(유기용제)이 작업장으로 확산되고 있음.</p>	<p>개선사항 건조기 2-5 Chamber의 출구에 설치된 개구부에 밀폐막 및 배기 덕트를 설치하여 토출기류를 막아(급기량을 줄이고 배풍량을 늘려) Chamber 출구에서 발생하는 용제증기를 줄이도록 조치</p>

8-9. 코팅 1호기 액상투입 배기 덕트

개선 전	개선 후
	
<p>코팅 1호기 액상투입 배기 덕트</p>	<p>코팅 1호기 액상투입 배기 덕트</p>
<p>현황 및 문제점 Room 배기덕트가 창문 상부 벽면에 설치되어 있어 창문 Open시 배기된 기류가 작업장으로 재유입 되고 있음</p>	<p>개선사항 창문 상부 벽면에 설치되어 있는 Room 배기 덕트를 상부에 재설치하여 창문 open시 배기된 기류가 재 유입되지 않도록 조치</p>

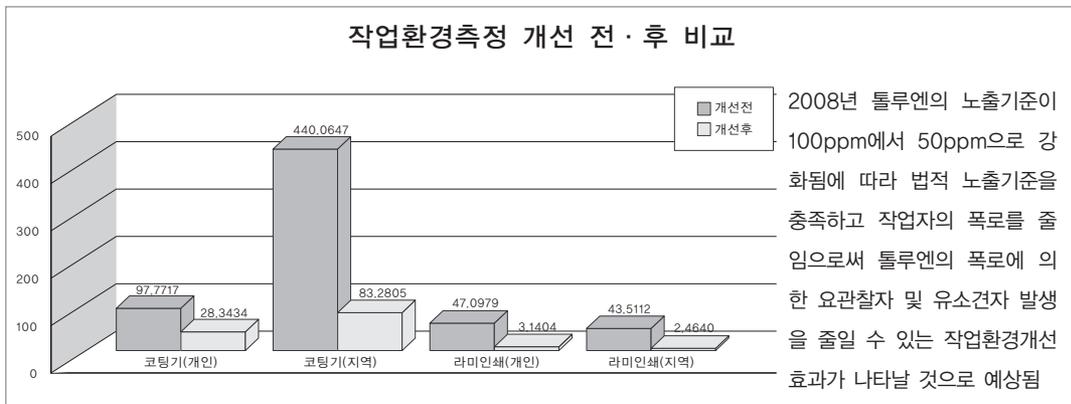
8-10. 코팅액 주입기

개선 전	개선 후
 <p>코팅액 주입기</p>	 <p>코팅액 주입기</p>
<p>현황 및 문제점</p> <p>COAT 1, 2호기 코팅액 주입기에 배기장치가 설치되어 있지 않아 관련 작업시 휘발된 유기용제가 작업장으로 확산되고 있음</p>	<p>개선사항</p> <p>COAT 1,2호기 코팅액 주입기에 포위식(측방형) 후드와 비닐커튼을 설치하여 코팅액 주입시 휘발되는 유기용제를 배기도록 조치함</p>

9. 개선 후의 예상 효과

9-1. 작업환경 개선 측면 (최고치 기준)

공정	유해인자	개인 사료		지역 사료		노출기준
		개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	
코팅기	톨루엔	97.7717	28.3434	440.0647	83.2805	100ppm
라미인쇄기	톨루엔	47.0979	3.1404	43.5112	2.4640	100ppm



9-2. 생산성 향상 측면

☞ 현황 및 문제점

1. 톨루엔에 대한 작업자의 특수건강진단 결과 C, 요관찰자의 소견을 보이고 있는 작업자가 발생하고, 하절기의 경우 고온과 고농도의 유기화합물에 의해 작업자의 작업능력 감소 및 불량 발생의 원인이 되어 생산성 향상에 영향을 미치고 있었음
2. 개선 전 평균 이직자가 연간 4~5명에 달해 신규 입사자에 의한 업무 효율이 떨어짐

☞ 개선사항

1. 개선 후 이직자가 단 한명도 발생하고 있지 않으며, 숙련공들의 작업에 의해 업무 효율이 높아짐
2. 개선 전 톨루엔의 회수율이 낮아 작업자에 의한 잦은 톨루엔 보충이 이루어졌으나, 개선 후 1일 평균 약 30회 정도의 밀폐룸 출입 횟수가 약 20회 이하로 저하됨으로서 톨루엔 폭로수준이 약 1/3 수준으로 저감되고 다른 업무에 집중할 수 있어 불량 발생률이 저하됨

9-3. 경제적 효과 측면(초기투자 비용 약 1000만원)

유형효과	무형효과
<ul style="list-style-type: none"> • 지하에 설치된 톨루엔 Tank 계량기에 의한 회수율을 비교한 결과 <p>톨루엔의 회수율은 60%에서 93%로 증가</p> <p>1일 톨루엔 사용량이 2000L 이므로 L당 950원을 기준하면</p> <p>1일 총 사용금액은 2000X950 = ₩ 1,900,000</p> <p>개선 전 1,900,000X0.4 = ₩ 760,000이 소요됨</p> <p>개선 후 1,900,000X0.07 = ₩ 133,000이 소요되어</p> <p>1일 약 ₩ 627,000의 감소 효과가 나타나게 됨</p> <p>따라서 월 ₩ 627,000X30 = ₩ 18,810,000</p> <p>년 ₩ 18,810,000X12 = ₩ 225,720,000</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 개선 후 노출 기준 미만의 법적 노출 수준을 만족함으로써 인해 시정 조치 및 개선 계획으로 인한 2차 시설 투자의 비용과 과태료 등을 미연에 방지 2. 유소견자 발생으로 인한 직업병자 발생을 줄여 산재 및 치료 등의 간접 비용 감소 3. 건조챔버 제품 입·출구에서 실내로 확산되는 폐열을 포집하여 열교환기 급기로 활용 연료 감소, 동절기 1차 챔버 온도 유지로 인한 연료비 감소 4. 유기 증기 농도 저감으로 인한 화재 위험 감소

