

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(밀폐를 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	주요생산품
○○○ 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)

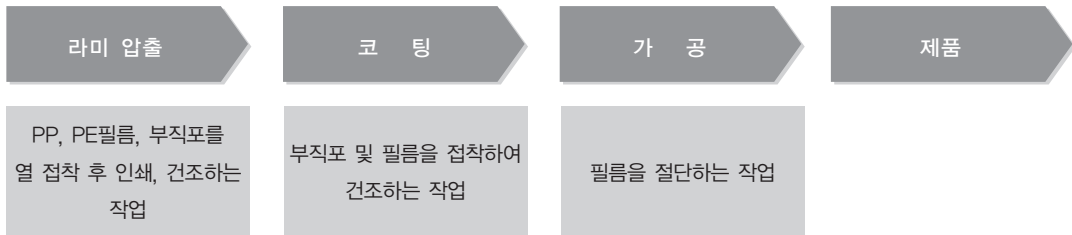
공장	공정	작업내용	2007년 상반기(개선 전)			2007년 하반기(개선 후)		
			유해인자	측정치	노출기준	유해인자	측정치	노출기준
C 동	코팅기	종이 이형제 투입 및 기기관리	틀루엔	440.0647	100ppm	틀루엔	83.2805	100ppm
	라미인쇄기	Flexo 용제 투입 및 기기관리	틀루엔	43.5112	100ppm	틀루엔	2.4640	100ppm

4. 화학물질 사용 현황 및 작업 공정도

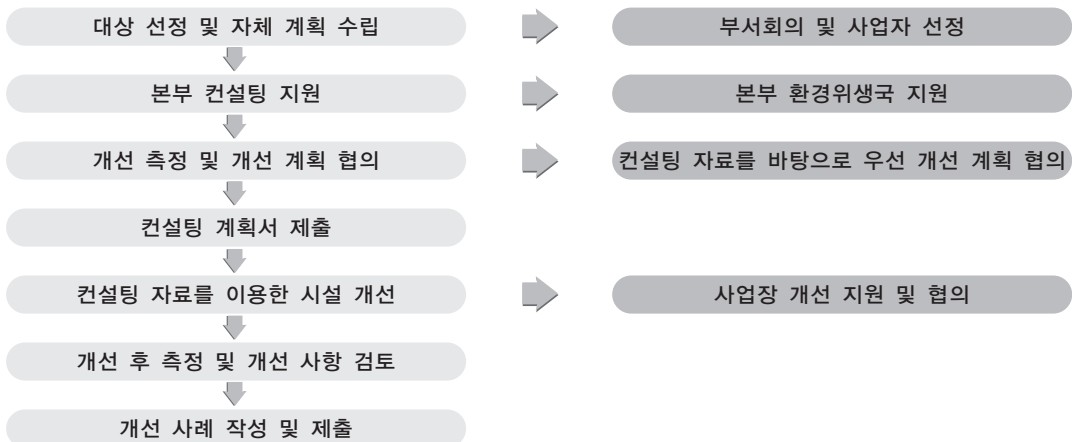
4-1. 화학물질 사용 현황

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

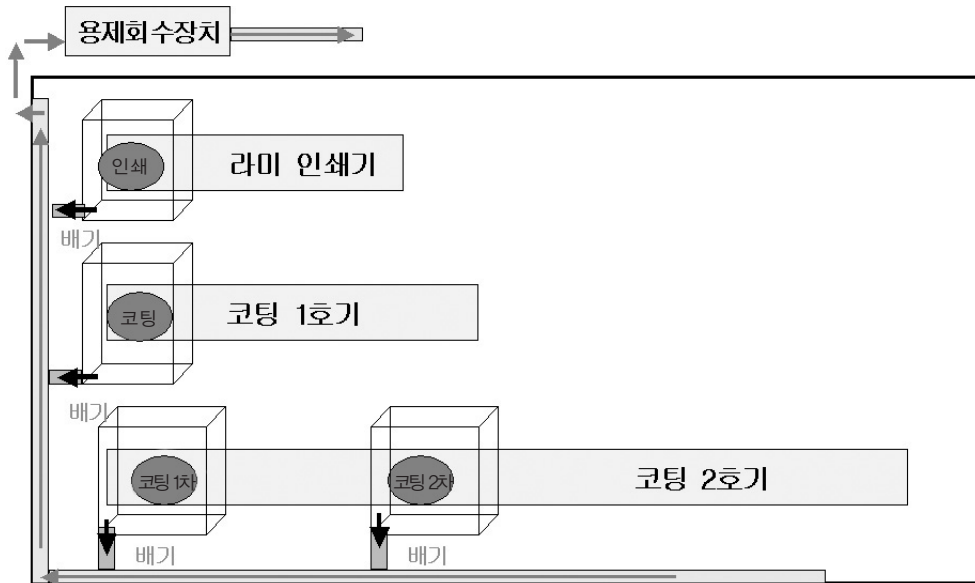


5. 작업환경 개선 추진 현황



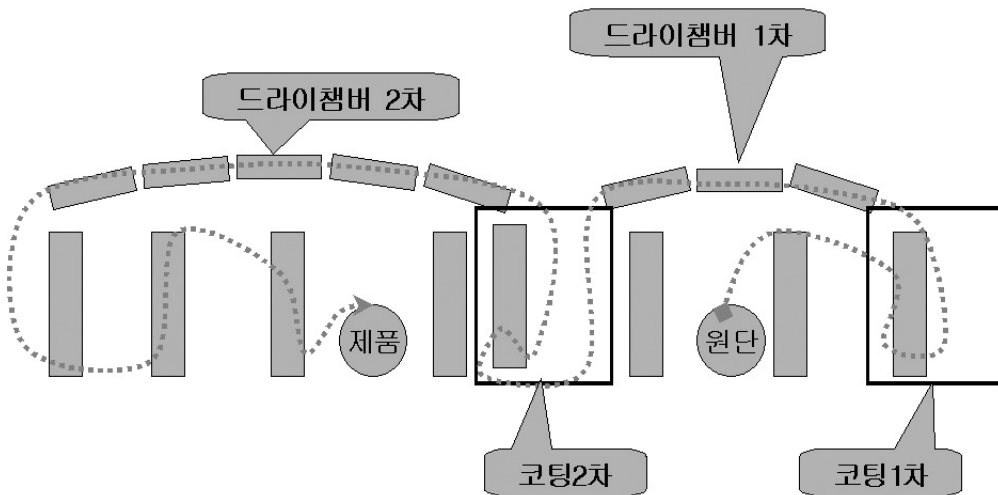
6. C동 설비 배치도 및 공정 흐름도

6-1. C동 설비 배치도



6-2. 공정 흐름도

원단 흐름 방향 :>

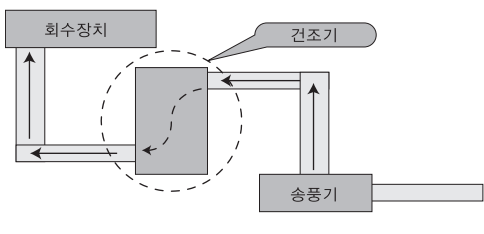
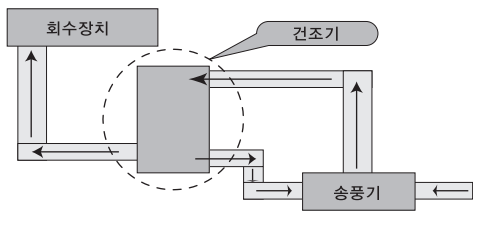


7. 개선 우선순위


- 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>

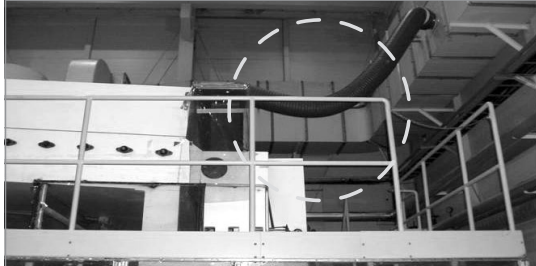

8-2. 코팅 2호기 COAT-1,2 액상투입

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 밀폐롤 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>

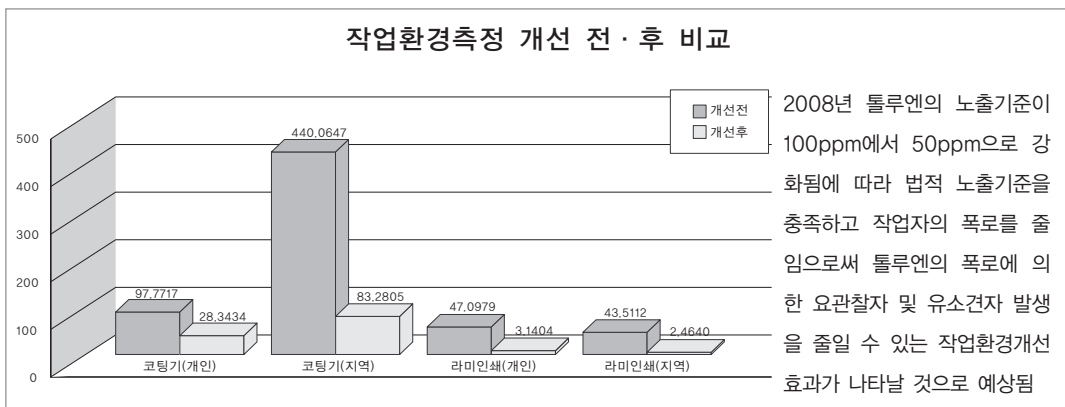
8-10. 코팅액 주입기

개선 전	개선 후
 <p>코팅액 주입기</p>	 <p>코팅액 주입기</p>
<p>현황 및 문제점 COAT 1, 2호기 코팅액 주입기에 배기장치가 설치되어 있지 않아 관련 작업시 휘발된 유기용제가 작업장으로 확산되고 있음</p>	<p>개선사항 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

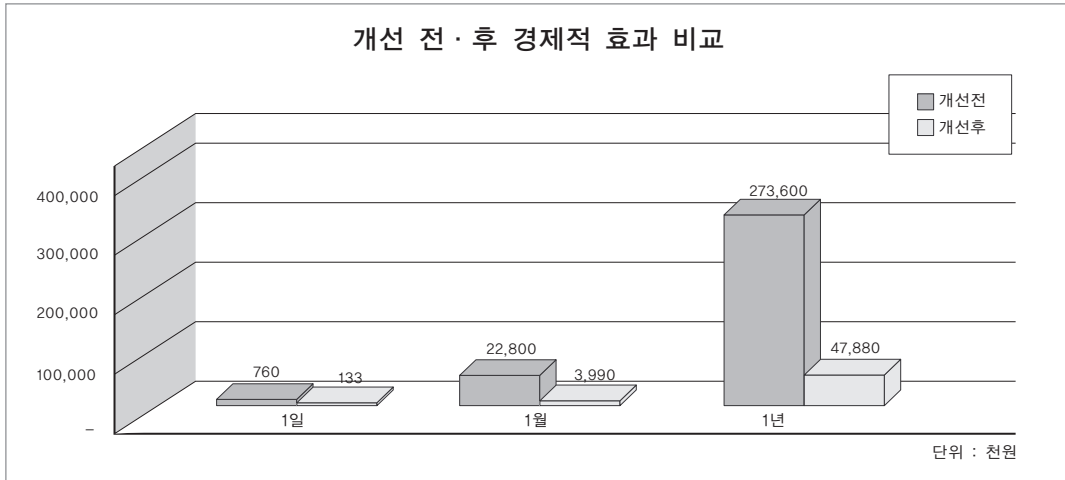
1. 톨루엔에 대한 작업자의 특수건강진단 결과 C, 요관찰자의 소견을 보이고 있는 작업자가 발생하고, 하절기의 경우 고온과 고농도의 유기화합물에 의해 작업자의 작업능력 감소 및 불량 발생의 원인이 되어 생산성 향상에 영향을 미치고 있었음
2. 개선 전 평균 이직자가 연간 4~5명에 달해 신규 입사자에 의한 업무 효율이 떨어짐

☞ 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
<p>• 지하에 설치된 톨루엔 Tank 계량기에 의한 회수율을 비교한 결과</p> <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



10. 평가

본 작업환경 개선 내용의 적용 과정에서 계절적 요인에 의한 개선전 · 후 비교와 개선전 대상 사업장과의 정확한 개선 공정과 시설에 대한 충분한 협의가 이루어지지 못해 아쉬운 점이 많이 남았다.

개선 설비에 대한 투자비용은 지급할 수 없었으나 컨설팅을 통한 개선 내용을 조언하고 협의하여 사업장의 6SIGMA운동과 접목해 특히 경제적 성과가 높게 나타난 것이 고무적인 성과가 되었다. 앞으로 유사 업종에 이와 같은 작업환경 개선 사례가 공유된다면 최소의 비용으로 최대의 효과를 올리는 계기가 될 것이다.

이와 같은 개선사례가 정착화 되고 실제 현장에 적용된다면 산업보건의 돈을 쓰는 소모형 분야가 아닌 기업의 경제성과 생산성을 높일 수 있는 분야로 자리 매김 할 것이다. 🍀