

디메틸포름아미드(DMF) 작업장 국소배기설비 개선

대한산업보건협회 경기산업보건센터 / 양 옥

1. 선정배경

B지역에서 발생한 디메틸포름아미드 취급 근로자의 사망사건을 계기로 경기센터 관내 디메틸포름아미드 취급 사업장 중 합성수지를 생산하는 사업장을 선정하여 수지 점도 조절용으로 사용하는 디메틸포름아미

드의 노출 농도가 높은 코터기를 대상으로 코터기 부위에 설치된 국소배기설비의 적정 설치 여부 및 제어성능이 효과적으로 유지되고 있는지에 대한 공학적 의견을 제시하여 코터 작업자에 대한 유기화합물의 노출량을 감소하고자 한다.

2. 사업장 개요

사업장명	XXXX(주)	소재지	경기도 오산시 소재	
업종명	합성수지 제조업	주생산품	합성수지	
근로자수	총계(남/여)	사무직	생산직	외국인
	250명(236/14)	(66/14)	(156/ -)	(14/ -)

3. 작업공정도

(1) 합성피혁 제조공정

공정명	제조방식	노출실태
배합	건식배합	폴리우레탄 수지와 안료, 가교제를 톨루엔, 메틸에틸케톤, 디메틸포름아미드와 일정한 점도로 배합하는 공정으로서 배합교반 작업 및 교반기 세척시에 노출되고 있음
	습식배합	습식은 폴리우레탄 수지, 안료와 가교제를 디메틸포름아미드와 배합하여 교반기에서 혼합 및 세척하는 과정에서 노출되고 있음

공정명	제조방식	노출 실태
코팅 (코터기)	건식코팅	이형지 위에 코팅액, 중간접착층과 접착층을 도포하고 섬유원단(직포 또는 부직포)을 부착하는 작업으로써 작업자가 노출되는 경로는 배합된 코팅액을 바가지나 페인트통으로 직접 코터기 롤러에 부어주는 과정에서 노출되거나 기계 운전 점검시 노출되고 있음
	습식코팅	작업자가 노출되는 경로는 건식작업과 동일함
숙성 및 박리	건식	적정온도에서 22~26시간 가량 숙성시킨 후 섬유원단과 이형지를 분리하는 작업으로 상주하는 작업자가 없음
건조	습식	열풍을 이용하여 코팅된 제품을 건조시키는 과정
표면처리 (후가공)	인쇄	잉크, 메틸에틸케톤, 디메틸포름아미드의 용제를 안료와 혼합하여 인쇄 롤러에 부어주고 있음
	버핑(샌딩)	매끄럽게 하기 위한 광내기 작업으로써 미세한 분진이 발생되고 있음
	엠보싱	표면에 무늬효과를 얻기 위해 모양이 박힌 롤러를 돌려서 울룩볼룩한 무늬를 만드는 작업
	텐더	습식공정 중 직물은 수축되는 데 비틀림을 받은 조직을 바로잡기 위한 작업
검사 및 출하		완제품의 결함 검사, 끝단 마무리 작업임

(2) 벽지 제조공정

공정명	노출 실태
배합	PVC, CaCO ₃ , TiO ₂ , 산화아연 등 원료물질을 교반기에 투입하여 일정시간 동안 혼합하는 작업으로써 작업자가 노출되는 경로는 기물질의 배합과정이며, 분말원료에 의한 분진 노출이 있음
코팅 (코터기)	이형지 위에 코팅액, 중간접착층과 접착층을 도포하고 섬유원단(직포 또는 부직포)을 부착하는 작업으로써 작업자가 노출되는 경로는 배합된 코팅액을 바가지나 페인트통으로 직접 코터기 롤러에 부어주는 과정에서 노출되거나 기계 운전 점검시 노출되고 있음
건조, 냉각	코팅된 벽지의 경화 및 건조작업
인쇄	코팅된 벽지를 인쇄하는 작업으로써 작업자가 노출되는 경우는 인쇄라인의 인쇄물질 투입 시 및 운전 점검 등에 의한 유기화합물 증기 노출
건조	열풍을 이용하여 코팅된 제품을 건조시키는 과정
절단	벽지를 일정한 간격으로 절단하는 작업으로 소음이 발생
와인더	절단된 벽지를 일정량만큼 감아주는 작업으로 소음이 발생
검사 및 출하	완제품의 결함 검사, 끝단 마무리 작업임

4. 재해자 및 질병자 현황

년도별 (최근 3년)	근로 자수	재해자수(산재승인)					질병유소견자		요관찰자	
		계	사망	부상	직업병	작업관련성 질환	직업병 (D ₁)	일반병 (D ₂)	직업병 (C ₁)	일반병 (C ₂)
2005	310	-	-	1	-	-	-	-	-	-
2006	310	-	-	-	-	-	-	42	54	29
2007	285	-	-	1	-	-	-	33	12	22

5. 작업환경측정 현황

공정	유해인자	2006년 (단위: ppm)			2007년 (단위: ppm)		
		시설개선 전			시설개선 전	시설개선 후	개선 전 후 농도 감소율
		단위작업장소	상반기	하반기	상반기	하반기	
코팅(코터)	DMF	B-7호기	1,7377	-	9,1786	2,2759	24.8%
	DMF	B-6호기	1,0494	9,8064	8,9321	이전	-
	DMF	B-5호기	2,0451	0,4309	8,9674	7,3349	-
	DMF	B-4호기	5,3167	8,1158	7,3527	2,1250	29.0%
	DMF	B-3호기	17,9067	9,4414	5,0363	1,1189	22.2%
	DMF	B-2호기	3,4879	1,9133	2,3404	3,2202	-

6. 화학물질 취급현황

취급공정	화학물질명	월사용량	MSDS이행(×,○)		
			작성	비치	교육
코팅, 배합, 인쇄	톨루엔	12ton	○	○	○
	메틸에틸케톤	20ton	○	○	○
	디메틸포름아미드	4.8ton	○	○	○
	본드	200kg	○	○	○

7. 추진내용

구분	추진내용	관련내용
산업안전보건위원회 참석	<ul style="list-style-type: none"> • 공학적 의견 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 코터기 롤러 상방향에 후드 추가 설치 건의 - 코터기 후드의 비닐 커튼 설치 건의 • 코터, 인쇄공정 작업자의 DMF 노출 감소에 대한 의견 제시 	
국소배기설비 점검	<ul style="list-style-type: none"> • 후드 설치상태 확인, 작동유무 점검 	<ul style="list-style-type: none"> • 자체 점검표
설비 자체검사	<ul style="list-style-type: none"> • 후드 성능의 자체검사 실시 <ul style="list-style-type: none"> - 미비한 부분에 수정, 보완 요구 	<ul style="list-style-type: none"> • 자체 검사표
DMF 농도 측정	<ul style="list-style-type: none"> • 정기 작업환경측정 실시 • 디메틸포름아미드에 대한 자가 측정 	<ul style="list-style-type: none"> • 측정 결과표

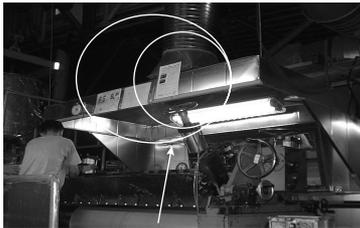
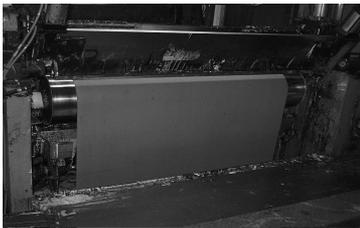
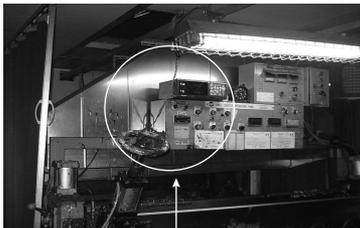
8. 소요 비용

개선 공정	개선 내역	개선 비용	비고
B-3	후드 설치	70만원	
B-4	후드 설치	120만원	
B-7	후드 설치	90만원	
총 개선 비용		280만원	

9. 개선대상 공정

작업공정	공정 현황	개선 방안
습식라인 코터공정	<ul style="list-style-type: none"> • 코팅공정: 원단, 함침, 응고 및 수세, 코팅, 응고 및 수세, 권취 • 코팅작업자의 유기용제 노출경로는 배합된 코팅액을 바가지나 페인트통 등으로 작업 코터 롤러에 부어주는 과정이나 기계운전 및 기계 가동상태 점검시 호흡기로 노출되고 있음 • 코터기의 코터 롤러 부위에 후드가 설치되어 있지 않아 코터작업자의 디메틸포름아미드 노출농도가 높은 것으로 조사(측정)됨 	<ul style="list-style-type: none"> • B-7기: B-6기와 함께 있었으나 현재는 B-6호기를 이동하고 나머지 1대만 운영되고 있으며 두 코터기에 설치된 국소배기설비의 송풍량이 한 코터기에 적용되고 있어 후드의 제어속도가 증가되고 있음 • 코터 롤러 부위 상방향에 후드를 설치하여 코팅액을 원단에 부어주는 과정에서 발생 되는 디메틸포름아미드의 증기를 제어

10. 개선현황

작업공정	개선전	개선후
습식라인 코터공정 (B-7호기)	 <ul style="list-style-type: none"> • 롤러 원단에 코팅액을 부어 넣는 작업 • 국소배기설비가 설치되어 있지 않아 유기화합물 증기에 직접적으로 노출되고 있음 	 <ul style="list-style-type: none"> • 발생원 상방향에 후드 설치 • 롤러 상방향에 후드를 새로 설치하여 발생원에서 유기화합물을 제어하고 있음
습식라인 코터공정 (B-3호기)	 <ul style="list-style-type: none"> • B-3 코터 롤러기에는 국소배기설비가 설치되어 있지 않음 	 <ul style="list-style-type: none"> • 발생원 상방향에 후드 설치 • 코터 롤러 상방향에 후드를 추가적으로 설치하여 활용하고 있음

작업공정	개선전	개선후
습식라인 코터공정 (B-4호기)	 <ul style="list-style-type: none"> • B-4 코터기는 배기구는 설치되어 있으나 후드는 설치되어 있지 않음 	 <ul style="list-style-type: none"> • 발생원 상방향에 후드 설치 • 코터기 상방향에 후드를 새로 설치하여 가동 중이며 작업자의 머리 뒷면에서 급기토록 하여 유기화합물이 작업자의 호흡기를 거치지 않도록 운영

11. 개선 전 · 후 후드 제어속도 비교

코터기 후드	개선전 제어속도(m/sec)	개선후 제어속도(m/sec)
B-7호	0.56	1.33
B-3호	-	1.15
B-4호	1.35	1.50

12. 개선방식

- 자체 실시

13. 개선효과(작업환경개선 측면)

- 합성수지 제조공정 중 DMF의 농도가 높은 작업장소를 대상으로 국소배기설비를 설치함
- 국소배기설비의 송풍기를 B-6기와 B-7기를 동시에 운영하였으나 현재는 B-6기는 없어지고 B-7기만 운영중이며 B-7호기 한대의 운영으로 인하여 국소배기설비의 송풍량이 증가되어 후드의 제어효율이 높음
- B-4호기는 작업자의 뒤쪽에서 급기토록

하고 앞쪽에서는 후드가 유해물질을 제어하는 PUSH-PULL Type의 급/배기 시스템을 가동 운용함으로써 작업자의 유기용제 화합물 노출량이 저감되었음

14. 작업자 관리

- 디메틸포름아미드로 인한 사망사고나 산재 사고 감소를 위해서는 경험이 풍부하고 숙련된 현장 관리자가 신규 작업자와 DMF 취급 작업자를 수시로 관리 및 관찰하여 복통 여부, 어지럼증을 호소하는 작업자에 대한 개인관리가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 🗣️