

보건분야-기술자료

보건 2007-8-220

KOSHA

화학물질 유통·사용 실태조사 결과보고서

디메틸포름아미드

(Dimethylformamide, DMF)



한국산업안전공단

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

<목 차>

1. DMF의 산업적 용도 및 유해성	1
가. 산업의 용도	
나. 물리화학적 특징	
다. 유해성 및 직업성 질환 발생사례	
1) 주요노출경로	
2) 유해성 및 직업성 질환 발생 사례	
2. DMF/DMAc의 사용, 노출정도	3
가. 2004년 작업환경실태조사결과	
1) 업종별 DMF/DMAc 사업장 수	
2) 업종별 DMF/DMAc 취급근로자수	
3) DMF/DMAc 취급형태별 근로자수	
4) DMF/DMAc 업종별 취급시간	
나. 2004년 작업환경측정결과 노출정보	
3. 유통사용 실태조사결과	7
가. 조사개요	
1) 조사대상 선정기준 및 조사사업장의 특성	
2) 조사기간	
3) 조사내용 및 방법	
나. 국내 제조업체의 유통 사용실태	
1) DMF/DMAc 유통현황	
다. 조사결과	
1) 업종별 공정별 취급실태 개괄	
2) 업종별 공정별 취급실태(사례별)	
3) 결론	

1. DMF의 산업적 용도 및 유해성

가. 산업적 용도

DMF(Dimethylformamide)는 인조피혁제조, 섬유코팅가공업, 우레탄 섬유나 아크릴 섬유의 방사등에서 수지나 폴리머를 잘 녹이는 용제로 널리 사용되고 있다. 또한 보호코팅, 접착, 필름, 프린트 잉크 등의 보조용제나 촉진제로 이용되기도 하며, DMF는 페인트 제거제의 성분으로 쓰이고, 선택적 가스 흡착과 용제추출제로도 사용되고 있다¹⁾.

나. 물리화학적 특징

DMF는 무색으로, 암모니아와 유사한 냄새를 가진 수용성 액체이다. DMF는 자연 상태에서는 존재하지 않으며, DMF의 후각역치는 100ppm으로 알려져 있다. DMF의 물리·화학적 특징은 아래와 같다(표 1).

[표 1 . DMF의 물리·화학적 특징]

구 분	내 용
분자량	73.09g/mole
비중	0.9445(25℃)
녹는점	-61℃(-77.8°F)
끓는점	153℃(307.4°F)
증기압	0.3kPa(2.7 torr@20℃)
폭발한계	2.2%~15.2%(공기 중 부피기준)
인화점	58℃(닫힌 상태), 67℃(열린 상태)
공기중 포화농도	4800ppm
용해성	물이나 유기액체에 잘 녹음 (25℃, 760torr)1ppm=2.99mg/m ³ , 1mg/m ³ =0.335ppm)

다. 유해성 및 직업성 질환 발생사례

1) 2001 ACGIH TLV DOCUMENTATION(DMF)

1) 주요노출경로

DMF는 무색의 암모니아 냄새가 나는 수용액 액체로 공기 중에 쉽게 증발되며 호흡기 또는 피부를 통해 노출된다. 대략적으로 흡수량의 3분의 1은 증기압에 의한 피부흡수를 통해 체내로 유입되며²⁾ DMF의 TLV-TWA(8시간 시간가중 노출허용한계) 10ppm은 증기압에 의한 피부흡수와 직접적인 피부접촉에 의한 노출량을 감안하여 설정되어 있을 정도로 피부흡수는 주요한 노출경로이다.

2) 유해성 및 직업성 질환 발생 사례

○ DMF에 의한 간독성

DMF는 간에 독성을 일으키는 물질로 알려져 있다. 1956년 독일의 Massman 등이 실시한 동물을 이용한 실험에서 DMF가 간독성이 있음을 보고한 이래¹⁾로 미국에서 1988년 DMF를 사용하는 섬유코팅 가공공정의 근로자에서 독성간염(해당공정 근로자의 76%)이 발생되었다. 우리나라에서는 1993년 이후 인조피혁제조공정 근로자 두 명이 급성 간피사로 사망한 예가 있으며 산업안전보건연구원에서 1998년 실시한 역학조사에서 해당공정에서 3명의 근로자에서 급성 독성간염이 발견되었다. 다음은 2000년에 발생한 DMF 관련 독성간염 발생사례를 정리한 것이다.

직업병 발생사례(2000)

- 직업력 : 2000년 7월 4일 입사
- 발생일시 : 2000년 11월 18일 독성간염진단
- 발생업종 : 합성피혁제조업
- 발생부서 : 건식배합부서
- 작업환경측정기록 : 1998년상반기(19-22ppm, 노출기준 10ppm 초과),
1998년하반기~1999년상반기(3-5ppm)
1999년하반기~2000년상반기(자료없음)
- 특수건강진단 및 배치 전, 후 건강진단 : 미실시

※ DMF의 배치 후 초기 1개월 이내에 간독성이 나타나는 사례가 많아 산업안전보건법에서는 DMF 취급공정 배치전과 후(1개월 이내)의 특수검진에 대해 규정하고 있다. 실제로 2006년 상반기 외국인 근로자의 독성간염사망사례에서 간기능 장애가 있는 근로자가 배합 및 세척공정에서 별도의 보호구 착용 없이 배치, 작업하다가 사망한 사례에서 보듯이 배치 전 건강검진과 배치 후 건강검진의 중요성에 대해 시사하는 바가 크다.

○ DMF에 의한 발암성

2) 2001 ACGIH BEI DOCUMENTATION(DMF BEI)

DMF의 발암성은 현재까지 시행된 동물실험이나 역학조사, 문헌조사를 토대로 IARC(국제암연구기구)에서 발암물질 분류 등급 중 2B로 설정하고 있으며 이는 “동물에서는 증거가 불충분하나 사람에서 제한적인 가능성이 있다”를 의미한다. 현재까지는 DMF가 인간에게 암을 일으킨다고 결론지을 만큼 자료가 충분하지 않으나 발병가능성 또한 배제할 수 없다.

O DMF의 의한 기타 질환 및 증상

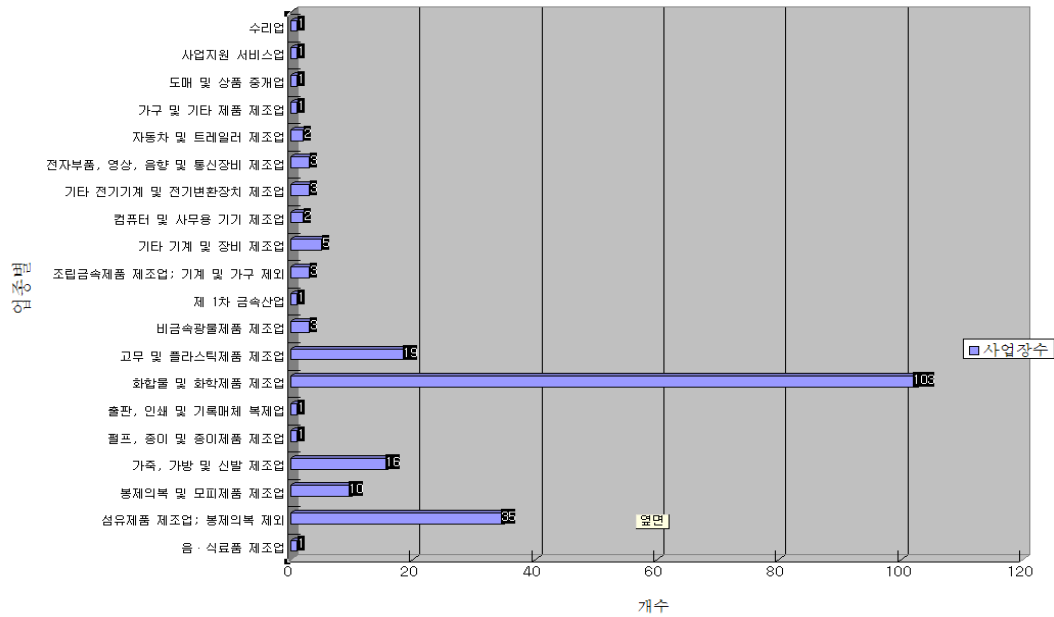
DMF는 또한 피부질환과 술에 약해지는 알코올불내성(불안, 가슴뛰, 안면과 전신이 빨개짐, 구역질, 구토)등을 일으킨다. 알코올 불내성은 유기용제 등에 의해 간이 손상되면 술을 마실 경우 간효소에 의한 해독작용이 약해져서 얼굴이 붉어지고 구역질, 구토, 복통 등이 일어나는 현상을 말하며, 이런 사람은 보통 예전보다 술에 약해졌다고 느끼게 된다.

2. 조사물질의 사용, 노출정도

가. 2004년 작업환경실태조사결과

1) 업종별 DMF/DMAc 사업장수

2004년도 제조업체 작업환경 실태조사결과 사업장 분포를 살펴보면 화합물 및 화학제품제조업이 103개소로 가장 많았으며 섬유제품제조업(봉제의복 제외)이 35개소, 고무 및 플라스틱제품 제조업이 19개소, 가죽, 가방 및 신발 제조업이 16개소, 봉제의복 및 모피제품제조업이 10개소 등의 순으로 나타났다(그림 1)



[그림 1. 업종별 사업장수]

2) 업종별 DMF/DMAc 취급근로자수

2004년도 제조업체 작업환경 실태조사결과 취급 근로자수의 분포를 살펴 보면 화학물 및 화학제품제조업이 전체 취급근로자수의 45.6%로 가장 많았 으며 고무 및 플라스틱제품 제조업이 15.9%, 섬유제품제조업(봉제의복제외) 이 15.8%의 순으로 나타났다(표 2).

[표 2. 2004년도 작업환경실태조사, 업종별 DMF/DMAc 취급 근로자 분포 단위 : 명(%)]

업종별	취급근로자수		
	총계	남	여
소 계	1579 (100.0)	1445 (91.5)	134 (8.5)
음·식료품 제조업	2 (0.1)	0 (0.0)	2 (0.1)
섬유제품 제조업; 봉제의복 제외	249 (15.8)	247 (15.6)	2 (0.1)
봉제의복 및 모피제품 제조업	67 (4.2)	28 (1.8)	39 (2.5)
가죽, 가방 및 신발 제조업	73 (4.6)	60 (3.8)	13 (0.8)
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	50 (3.2)	50 (3.2)	0 (0.0)
출판, 인쇄 및 기록매체 복제업	2 (0.1)	2 (0.1)	0 (0.0)
화학물 및 화학제품 제조업	720 (45.6)	646 (40.9)	74 (4.7)
고무 및 플라스틱제품 제조업	251 (15.9)	251 (15.9)	0 (0.0)
비금속광물제품 제조업	13 (0.8)	13 (0.8)	0 (0.0)
제 1차 금속산업	7 (0.4)	7 (0.4)	0 (0.0)

조립금속제품 제조업; 기계 및 가구 제외	9 (0.6)	8 (0.5)	1 (0.1)
기타 기계 및 장비 제조업	12 (0.8)	11 (0.7)	1 (0.1)
컴퓨터 및 사무용 기기 제조업	4 (0.3)	2 (0.1)	2 (0.1)
기타 전기기계 및 전기변환장치 제조업	51 (3.2)	51 (3.2)	0 (0.0)
전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	35 (2.2)	35 (2.2)	0 (0.0)
자동차 및 트레일러 제조업	3 (0.2)	3 (0.2)	0 (0.0)
가구 및 기타 제품 제조업	2 (0.1)	2 (0.1)	0 (0.0)
도매 및 상품 중개업	3 (0.2)	3 (0.2)	0 (0.0)
사업지원 서비스업	24 (1.5)	24 (1.5)	0 (0.0)
수리업	2 (0.1)	2 (0.1)	0 (0.0)

3) DMF/DMAc 취급형태별 근로자수

2004년 제조업체 작업환경 실태조사에서 취급형태별 DMF/DMAc(Dimethyl forma mide/Dimethyl acetamide)의 노출근로자가 “사용” 중에 가장 많았으며, 취급량도 DMF 73,385,227kg, DMAc 7,777,505kg로 “사용” 과정에서 가장 많았다. 이는 1993년도 제조업체 사업장 실태조사결과에서 나타난 사용량보다 80배 이상 증가하였다. 또한 1998년 실시한 산업안전보건연구원의 역학조사에 따르면 전국적으로 DMF를 사용하는 사업장은 150여개 이상이며 적어도 1,200이상의 근로자가 이 물질에 노출되고 있다고 보고하였으며, 2004년 작업환경 실태조사에서는 약 3,600명으로 노출근로자가 3배 이상 증가한 것으로 나타났다(표 3).

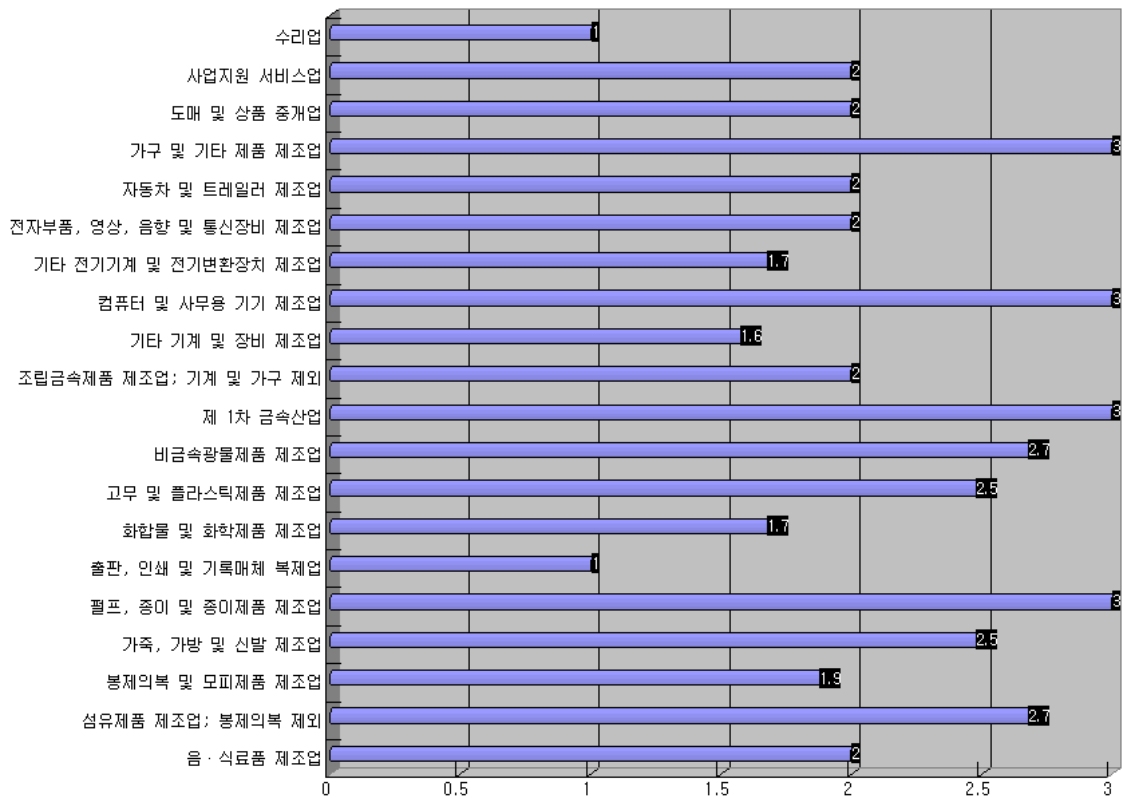
[표 3. 2004년 제조업체 작업환경실태조사, DMF/DMAc 노출근로자 추산]

	제 조				사 용				발 생			
	사용량 (Kg)	사업장 (개소)	근로자 (명)	노출근로자 (명)	사용량 (Kg)	사업장 (개소)	근로자 (명)	노출근로자 (명)	사용량 (Kg)	사업장 (개소)	근로자 (명)	노출근로자 (명)
DMF	7,862,290	4	397	15	73,385,227	172	20779	1201	0	2	378	9
DMAc	625	2	45	2	7,777,505	32	5940	352	0	0	0	0

4) DMF/DMAc 업종별 취급시간

2004년 제조업체 작업환경실태조사에서 DMF 혹은 DMAc 노출시간을 살

해보면 총 8시간 근무 중 1~3시간 정도 단기간 노출형태가 대부분이며, 업종별 취급시간은 펄프, 종이 및 종이제품제조업, 컴퓨터 및 사무용 기기제조업, 가구 및 기타제품제조업, 1차 금속산업이 3시간으로 가장 많았다(그림 2).



[그림 2. 업종별 취급시간]

나. 2004년 작업환경측정결과 노출정보

2004년 DMF 혹은 DMAc에 대한 작업환경측정을 실시한 사업장은 총 110개소로 평균 노출농도는 1.278ppm이었으며 가장 높은 농도를 보인 업종은 봉제의복 및 모피제품제조업이 4.216ppm으로 가장 많았으며 전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업이 2.274ppm, 가구 및 기타 제품 제조업이 2.064ppm, 출판, 인쇄 및 기록매체 복제업 1.968ppm, 고무 및 플라스틱제품 제조업이 1.958ppm의 순으로 높게 나타났다(표 4).

[표 4. 2004년 작업환경측정결과, 업종별 평균 노출농도]

업종별(세업종)	사업장수(개소)	TWA(8시간가중허용기준)의 산술평균(ppm)
소계	110	1.278
섬유제품제조업;봉제의복제외	18	1.279
봉제의복및모피제품제조업	5	4.216
가죽,가방및신발제조업	9	1.010
출판,인쇄및기록매체복제업	1	1.968
화합물및화학제품제조업	48	0.402
고무및플라스틱제품제조업	8	1.958
조립금속제품제조업;기계및가구제외	2	0.959
기타기계및장비제조업	3	0.973
전자부품,영상,음향및통신장비제조업	5	2.274
자동차및트레일러제조업	3	0.023
가구및기타제품제조업	1	2.064
재생용가공원료생산업	1	0.000
연구및개발업	2	0.097
하수처리,폐기물처리및청소관련서비스업	4	0.662

3. 유통사용 실태조사결과

가. 조사개요

1) 조사대상 선정기준 및 조사사업장의 특성

조사대상은 2004년도 DMF/DMAc에 대한 작업환경측정을 실시한 사업장 자료를 토대로 업종별, 규모별, 지역별 분포를 기준으로 임의 선정하였으며 관련공정 폐쇄 및 사업장 폐업 등의 기타 사유로 대체 및 신규 발굴되어 재 선정되었으며 상세내역은 다음과 같다(표 5, 6, 7, 8).

2004년도 DMF/DMAc 작업환경측정사업장의 업종별 분포를 살펴보면 화합물 및 화학제품제조업이 44%, 섬유제품제조업(봉제의복제외)이 16%의 순으로 대상업체가 선정되었으나, 조사과정에서 하수처리, 폐기물처리 및 청소 관련 서비스업종이 모두 제외되었으며 가구 및 기타 제품제조업, 재생가공원료업, 출판, 인쇄 및 기록매체 복제업종이 누락되었으나 펄프 및 종이 및 종이제품제조업종이 추가되었다(표 5).

조사대상사업장 분포는 화학제품 제조업이 53%, 고무 및 플라스틱제조업이 12%, 섬유제품제조업이 8%의 순으로 나타났다(표 5).

[표 5. DMF/DMAc 조사대상 선정과정 및 중업종별 조사사업장 수]

중분류업종	추정사업장수* (%)	선정사업장		조사사업장			비고	
		1차목표	대체	총계 (%)	1차목표	대체		신규발굴
계	110(100)	57	53	60(100)	38	7	15	
가구 및 기타 제품 제조업	1(1)	0	1	0(0)	0	0	0	
가죽, 가방 및 신발 제조업	9(8)	4	5	1(2)	1	0	0	
고무 및 플라스틱제품 제조업	8(7)	6	2	7(12)	5	0	2	
기타 기계 및 장비 제조업	3(3)	3		2(3)	2	0	0	
봉제의복 및 모피제품 제조업	5(5)	3	2	4(7)	3	0	1	
섬유제품 제조업; 봉제의복 제외	18(16)	6	12	5(8)	3	0	2	
연구 및 개발업	2(2)	2	0	2(3)	2	0	0	
자동차 및 트레일러 제조업	3(3)	3	0	1(2)	1	0	0	
재생용 가공원료 생산업	1(1)	1	0	0(0)	0	0	0	
전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	5(5)	4	1	3(5)	3	0	0	
조립금속제품 제조업; 기계 및 가구 제외	2(2)	2	0	2(3)	2	0	0	
출판, 인쇄 및 기록매체 복제업	1(1)	0	1	0(0)	0	0	0	
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	0	0	0	1(2)	0	0	1	
하수처리, 폐기물처리 및 청소관련 서비스업	4(4)	3	1	0(0)	0	0	0	
화합물 및 화학제품 제조업	48(44)	20	28	32(53)	16	7	9	

*2004년도 작업환경측정사업장(DMF/DMAc) 수

2004년도 DMF/DMAc 작업환경측정사업장의 세세업종별 분포를 살펴보면, 2004년도 측정대상이었던 폐기물 수집운반 및 처리업, 가죽제조업, 가방, 핸드백 및 기타 가죽제품 제조업, 재생용가공원료생산업, 인쇄 및 인쇄관련 제조업이 조사과정에서 누락되었으며, 펄프, 종이 및 판지제조업종이 추가되었다(표 6).

[표 6. DMF/DMAc 중업종별 세세업종별 사업장 수]

업종구분		추정사업장수	조사대상
합계		110	60
중업종	세세업종		
가구 및 기타 제품 제조업	기타 제품 제조업	1	0

가죽, 가방 및 신발 제조업	가방, 핸드백 및 기타 가죽제품 제조업	1	0
	가죽 제조업	2	0
	신발 제조업	6	1
고무 및 플라스틱제품 제조업	고무제품 제조업	1	1
	플라스틱제품 제조업	7	6
기타 기계 및 장비 제조업	기타 가정용 기구 제조업	1	1
	기타 특수목적용 기계 제조업	2	1
봉제의복 및 모피제품 제조업	모피가공 및 모피제품 제조업	3	1
	봉제의복 제조업	2	3
섬유제품 제조업; 봉제의복 제외	기타 섬유제품 제조업	11	3
	섬유 염색 및 가공업	7	1
	제사 및 방적업		1
연구 및 개발업	자연과학 연구 개발업	2	2
자동차 및 트레일러 제조업	자동차부품 제조업	3	1
재생용 가공원료 생산업	재생용 비금속가공원료 생산업	1	0
전자부품, 영상, 음향 및 통신 장비 제조업	반도체 및 기타 전자부품 제조업	5	2
	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	1	0
조립금속제품 제조업; 기계 및 가구 제외	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	1	1
	기타 조립금속제품 제조 및 금속처리업	1	1
출판, 인쇄 및 기록매체 복제업	인쇄 및 인쇄관련 산업	1	0
하수처리, 폐기물처리 및 청소 관련 서비스업	폐기물 수집운반 및 처리업	4	0
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	펄프, 종이 및 판지 제조업	0	1
화합물 및 화학제품 제조업	기초 화합물 제조업	13	10
	기타 화학제품 제조업	23	14
	의약품 제조업	6	5
	화학섬유 제조업	6	3

*2004년도 작업환경측정사업장(DMF/DMAc) 수

2004년도 DMF/DMAc 작업환경측정사업장의 규모별 분포를 살펴보면, 10~30인 미만인 22%, 100~300인 미만인 19%의 순으로 나타났으며, 조사대상사업장은 10~30인 미만, 50~100인 미만이 각각 20%, 100인~300인 미만, 300인 이상이 각각 18%로 분포하였다(표 7).

[표 7. 조사대상 선정과정 및 규모 조사사업장 수]

규모	추정사업장수* (%)	선정사업장		조사사업장				비고
		1차목표	대체	총계(%)	1차목표	대체	신규발굴	
계	110(100)	57	53	60(100)	38	7	15	0
10인 미만	12(11)	5	7	4(7)	2	1	1	0
10인 - 30인 미만	24(22)	15	9	12(20)	8	0	4	0
30인 - 50인 미만	18(16)	11	7	10(17)	5	3	2	0
50인 - 100인 미만	18(16)	6	12	12(20)	6	1	5	0
100인 - 300인 미만	21(19)	11	10	11(18)	9	0	2	0
300인 이상	17(15)	9	8	11(18)	8	2	1	0

*2004년도 작업환경측정사업장(DMF/DMAc) 수

2004년도 DMF/DMAc 작업환경측정사업장의 지도원별 분포를 살펴보면, 부산지역본부 관할 지역에서의 작업환경측정을 실시했던 사업장이 47%, 서울지역관할지역의 사업장이 35%, 광주지역본부 관할 사업장이 17%의 순으로 나타났으나 조사사업장 분포는 부산지역본부 관할 사업장은 42%, 광주지역관할이 32%, 서울지역관할 사업장이 27%로 조정되었다(표 8).

[표 8. 조사대상 사업장의 지도원 별 분포]

조사기관	추정 사업장수 (%)	선정사업장수		조사대상 사업장수				비고
		조사대상	대체	총계 (%)	조사대상	대체	신규발굴	
총계	110 (100)	57	53	60 (100)	38	7	15	
소계(서울지역본부)	39 (35)	16	23	16 (27)	10	4	2	
서울지역본부	0 (0)	0	0	0 (0)	0	0	0	
서울북부	2 (2)	2	0	2 (3)	2	0	0	
인천광역시	5 (5)	3	2	3 (5)	2	0	1	
경기남부	3 (3)	3	0	3 (5)	3	0	0	
경기북부	2 (2)	2	0	1 (2)	1	0	0	
경기서부	26 (24)	5	21	6 (10)	1	4	1	
강원지도원	1 (1)	1	0	1 (2)	1	0	0	

소계(부산지역본부)	52 (47)	22	30	25 (42)	14	2	9	
부산지역본부	5 (5)	1	4	1 (2)	1	0	0	
양산센터	13 (12)	3	10	3 (5)	2	1	0	
대구광역시	14 (13)	7	7	8 (13)	5	0	3	
울산	10 (9)	6	4	6 (10)	2	1	3	
경북동부	1 (1)	1	0	1 (2)	0	0	1	
경북북부	6 (5)	1	5	2 (3)	1	0	1	
경남지도원	3 (3)	3	0	4 (7)	3	0	1	
소계(광주지역본부)	19 (17)	19	0	19 (32)	14	1	4	
광주지역본부	1 (1)	1	0	0 (0)	0	0	0	
대전광역시	4 (4)	4	0	4 (7)	3	0	1	
충남	2 (2)	2	0	3 (5)	2	0	1	
충북	5 (5)	5	0	4 (7)	3	0	1	
전남동부	1 (1)	1	0	2 (3)	1	0	1	
전북	6 (5)	6	0	6 (10)	5	1	0	

2) 조사기간

2006년 4월부터 8월까지

3) 조사내용 및 방법

사업장 방문조사(체크리스트 조사 및 현장 확인), 면담(업무 담당자)

나. 국내 제조업체의 유통 사용실태

1) DMF/DMAc 유통현황

DMF/DMAc 제조업체로는 ○○정밀화학(주)(울산), (주)○○정밀화학(울산), (주)○성(수원), 삼○(주)(경북경산), ○○케미칼(주)(대구), 한국○○○(주)(여수), ○○○화성(주)(부천), (주)○○화학(인천)등이며, 중간판매업체로는 (주)○○화학(울산), 대○(서울), ○○상사(서울), ○○과학(서울), △△(서울)등이다. DMF 재생업체로는 ○○화성(오산), ○○정밀화학(울산, 용인)이 있다. 또한 DMF가 포함된 폴리우레탄 수지를 자체 제조, 사용 및 재생하는 업체는 ○산, ○○인터내셔널, ○○, △△△, ○성(남동공단, 수원)등이다.

또한 DMF 수입은 수입상에 의해 주로 중국으로부터 들어오며, 과거에 비해 최근 제조량이 10배 이상 정도 증가되었고, 터키, 대만 등에서도 수입 된다³⁾.

3) 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 1998 DMF 사업장 역학조사보고서

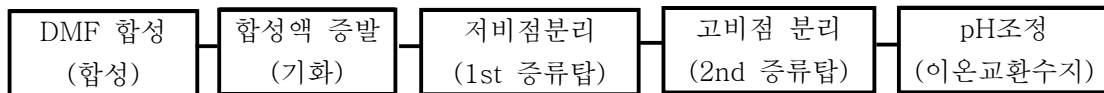
DMF/DMAc 제조(재생 포함) 및 유통 등의 상세과정을 살펴보기 위해 울산소재 2개 업체를 선정하였으며, 순수 DMF 생산을 주로 담당하고 있는 업체 1개소, 폐 DMF를 재생하는 업체 1개소를 대상으로 조사한 결과는 다음과 같다.

O DMF/DMAc 순수 제조 및 유통사례(1개소)

본 업체는 화합물 및 화학제품 제조업(그외 기타 분류안된 화학제품 제조업)으로 분류되어 있으며 울산에 소재, 100인 이상 300인 미만의 규모로 국내 유일의 순수 DMF 생산업체로 알려져 있다.

■ 제조 공정

DMF 제조공정은 합성, 합성액의 증발을 통한 기화, 비점분리를 통한 불순물 제거공정을 거치며 양이온 교환수지를 통과시켜 pH를 조정하여 DMF를 제조하며 세부적인 내용은 아래와 같다.



[그림 3. DMF 제조 공정도]

- 합성 : 원료(DMA, CO)와 촉매(KOCH₃)를 합성탑에 주입하여 반응시켜 DMF를 합성하며,
- 기화 : 합성탑 반응생성물 중 저비점(DMF보다 비점이 낮은 물질)물질을 기화시켜,
- 저비점 분리 : 증류탑상부로 저비점물질(MeOH, DMA)을 분리하고
- 고비점 분리 : 증류탑하부에서 고비점물질(MMF 등)등을 분리해 낸 후
- 이온교환수지 : 양이온 교환수지를 통과시켜 pH를 조정함으로써 최종적으로 DMF가 제조된다.

■ 생산 및 유통 현황

76,000톤의 제품순도 99.9%의 DMF(제품명)를 생산하고 있다. 2005년 7월에서 2006년 6월까지의 생산량을 조사해보면 총 유통량은 73,370톤이었으며 생산총량의 약 55,320(75.4%)톤을 84개의 유통업체를 통해 수출하고 있으며 국내 중간판매상 26개소를 대상으로 공급되는량은 8,170(11.1%)톤, 18개소의

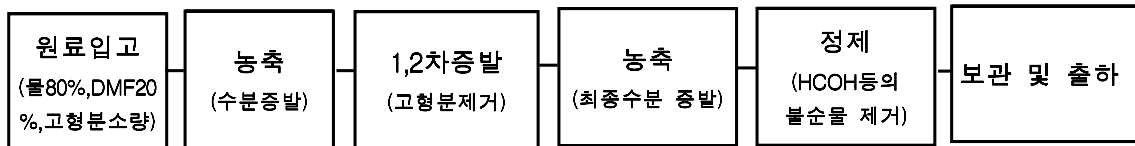
사용업체에 주로 공급되는 량은 9,880(13.4%)톤이다.

O DMF/DMAc 재생 및 유통사례(1개소)

본 업체는 화합물 및 화학제품 제조업(그외 기타 분류안된 화학제품 제조업)으로 분류되어 있으며 울산에 소재, 10인 미만의 규모로 폐DMF를 수거 재생하는 업체이다.

■ 재생공정

본 업체는 폴리우레탄(PU) 수지제조업체, 합성피혁제조업체 및 장갑제조업체에서 발생한 폐 DMF를 정제하여 DMF 원액을 다시 해당업체로 출하하는 임가공업체로 DMF 재생공정은 그림 4와 같다.



[그림 4. DMF 재생 공정도]

- 원료입고 : 물 80%, DMF 20%, 고형분 소량으로 이루어진 폐DMF를 입고하면,
- 농축 : 수분을 증발시켜 50%의 DMF로 농축하고,
- 1,2차 증발 : 고형분을 제거하기 위해 1, 2차에 걸쳐 증발공정을 거쳐
- 농축 : 최종적으로 pH를 이용해 수분을 제거하여
- 정제 : DMF의 불순물(HCOH)를 제거하는 정제과정을 거쳐 DMF를 재생함.

■ 생산 및 유통현황

폴리우레탄(PU) 수지제조업체, 합성피혁제조업체 및 장갑제조업체에서 발생한 폐 DMF 3500톤/월을 구입하여 매월 600톤의 99.9%의 DMF를 21개소의 사업장에 재공급한다.

다. 조사결과

1) 업종별 공정별 취급실태 개괄

○ 업종별 사용공정 현황

관련공정수가 가장 많았던 업종은 기초화학물질 제조업으로 11종, 17개 공정이며, 기타 화학제품제조업이 10종 22개 공정이 그 다음 순으로 화학섬유제조업 및 플라스틱 제품제조업 관련 공정수가 많았다. DMF 취급공정의 종류는 총 23종이며 공정별 분포를 살펴보면 코팅공정과 혼합공정이 각각 18개로 가장 많았으며, 반응공정이 9개, 주입투입공정이 7개, 기타공정의 순으로 나타났다(표 9).

[표 9. 업종별 공정별 DMF/DMAc 사용 공정수]

중분류업종	세분류업종	공정수	세부공정내역	비고
가죽, 가방 및 신발 제조업	신발 제조업	1	접착공정(1)	
고무 및 플라스틱제품 제조업	고무제품 제조업	2	코팅공정(1),혼합공정(1)	2개 공정
	플라스틱제품 제조업	7	기타표면처리(1), 도장,도포 공정(1),인쇄,종이,목재공업(1),코팅공정(2),혼합공정(1)	5개 공정
기타 기계 및 장비 제조업	기타 가정용 기구 제조업	1	세척공정(1)	
	기타 특수목적용 기계 제조업	2	코팅공정(2)	
봉제의복 및 모피제품 제조업	모피가공 및 모피제품 제조업	3	세척공정(1),혼합공정(2)	2개 공정
	봉제의복 제조업	4	코팅공정(3),혼합공정(1)	2개 공정
섬유제품 제조업; 봉제의복 제외	기타 섬유제품 제조업	5	접착공정(1),코팅공정(1),혼합공정(3)	3개 공정
	섬유 염색 및 가공업	1	코팅공정(1)	
	제사 및 방직업	1	반응공정(1)	
연구 및 개발업	자연과학 연구 개발업	2	검사,시험공정(2)	1개 공정
자동차 및 트레일러 제조업	자동차부품 제조업	1	성형공정(1)	
전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	반도체 및 기타 전자부품 제조업	3	침지공정(2),혼합공정(1)	2개 공정
	방송수신기 및 기타 영상, 음향기기 제조업	1	코팅공정(1)	
조립금속제품 제조업; 기계 및 가구 제외	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	1	접착공정(1)	

	기타 조립금속제품 제조 및 금속처리업	1	세척공정(1)	
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	펄프, 종이 및 판지 제조업	1	접착공정(1)	
화합물 및 화학제품 제조업	기초 화합물 제조업	17	반응공정(5),세척공정(1),여과공정(1),용해공정(1),제거,정제공정(1),주입,투입공정(1),준비,시작,공급공정(1),추출공정(1),코팅공정(2),포장공정(1),혼합공정(2)	11개 공정
	기타 화학제품 제조업	22	반응공정(1),여과공정(1),원료입고(1),주입,투입공정(4),코팅공정(2),투입공정(2),포장공정(1),혼합공정(6),화학설비(3),회석공정(1)	10개 공정
	의약품 제조업	5	검사,시험공정(1),반응공정(2),주입,투입공정(2)	3개 공정
	화학섬유 제조업	7	침지공정(1),코팅공정(2),혼합공정(1),도장,도포공정(1),섬유공업(2)	5개 공정

○ 공정별 노출실태

2004년도 작업환경측정결과 평균은 1.36ppm이며 검사 및 포장공정이 4ppm으로 가장 높았고, 도포공정이 3.7ppm, 기타 공정 2.5ppm, 코팅공정 2.1ppm 등의 순으로 높게 나타났다(표 10).

금년도 유통·사용 실태조사결과에서 기재된 작업환경 측정결과를 분석한 결과(미기재 및 미측정된 17개 공정은 분석에서 제외함) 산술평균은 0.57ppm이었고, 공정별로 도장도포공정이 평균 3.23ppm, 침지공정이 3.05ppm, 코팅공정이 1.54ppm 순으로 높게 나타났다(표 11).

노출근로자 수는 간접노출근로자수를 포함하여 861명이며 세부적으로 DMF에 대한 특수검진여부를 기술하지 않아 알 수 없었으나 대부분의 간접 노출근로자들은 특수검진대상에서 제외되어 있었으며, 직접노출근로자들도 상당부분 특수검진으로 관리되지 않는 것으로 추정되었다. 조사대상 60개소 중 D₁이 발생했던 1개의 코팅공정의 노출수준은 40ppm이상으로 기준치를 초과하였다(표 11).

[표 10. 2004년도 공정별 작업환경측정결과 단위 : ppm]

구분	전체 평균	검사/ 포장	기타 공정	도 장	도 포	반 응	발 포	성 형	세 척	실험 실	인 쇄	접 착	조 형	코 팅	투 입	침 지	혼 합
2004년도 작업환경측정 결과 평균(ppm)	1.36	4.0	2.5	1.7	3.7	0.4	0.2	0.7	0.5	2.0	1.0	1.1	1.5	2.1	0.5	1.0	1.6

[표 11. 공정별 DMF/DMAc 노출실태]

공정명	사용량 (월/kg)	측정수	작업환경 측정결과 (산술평균, ppm)	노출 근로자수 (명)	비고 (특수검진결과 유소견자 및 직업병자)
전체 대비량	3,468,791	194	0.57	861	
검사, 시험공정	81	4	0.00	20	
기타표면처리	7,500	1	0.00	3	
도장,도포공정	1,201,800	11	3.23	29	
반응공정	339,036	15	1.02	49	
섬유공업	400	2	0.49	3	
성형공정	50	2	0.05	10	
세척공정	1,152	4	0.30	11	C1(1)
여과공정	56,000	0	0.00	32	
용해공정	1,000	0	0.81	4	C1(2)
원료입고	900	0	0.00	1	
인쇄,종이,목재공업	750	5	0.17	22	
접착공정	14,154	6	0.81	41	C1(1)
제거,정제공정	600	0	0.00	7	C1(1)
주입,투입공정	163,250	10	0.04	44	
준비,시작,공급공정	5,000	1	0.00	2	
추출공정	7,500	3	0.00	21	
침지공정	152,800	3	3.05	64	
코팅공정	576,875	94	1.54	324	C1(1), D(1)
투입공정	32,500	2	0.09	28	C1(1)
포장공정	151,100	2	0.00	10	
혼합공정	153,543	25	0.88	96	
화학설비	602,800	4	0.00	40	

○ 업종별 공정별 사용용도

화합물 및 화학제품 제조업을 제외한 중업종별, 공정별 취급용도를 살펴 보면 대부분의 DMF 사용 용도는 접착제의 성분, 수지도포용, 용제, 주원료

혹은 부원료, 세척제, 섬유처리 및 시약으로 사용되며, 기타 방송수신기 및 기타 영상, 음향기기 제조업종에서 브라운관의 난반사를 줄이기 위한 표면처리제로 사용되고 있는 것으로 조사되었다(표 12).

화합물 및 화학제품 제조업의 공정별 DMF 사용 용도는 기초화합물제조업종에서 수지용제, 염료용제, 용매, 회수용 재료, 설비세척, 제품, 페인트 희석제등으로 사용되고 있으며, 기타화학제품제조업에서는 원료, 촉매제, 점도조절제, 재생용 원료, 제품, 착색제등의 용도로 사용되고 있다. 또한 의약품제조업에서는 주로 용제, 시약 및 원료로 사용되고, 화학섬유제조업에서는 수지용제, PU 코팅제, 희석제, 페인트 용제로 사용되고 있는 것으로 조사되었다(표 13).

[표 12. 업종별 공정별 DMF/DMAc 취급용도, 화학물 및 화학제품제조업 제외]

업종 (화학물 및 화학제품제조업 제외)	세분류업종	공정분류	취급용도
가죽, 가방 및 신발 제조업	신발 제조업	접착공정	접착제
고무 및 플라스틱제품 제조업	고무제품 제조업	코팅공정	수지도포용
		혼합공정	용제
	플라스틱제품 제조업	기타표면처리	표면처리
		도장,도포공정	부재료
		인쇄,종이,목재공업	용제
		코팅공정	접착,도포,부재료
혼합공정	부재료		
기타 기계 및 장비 제조업	기타 가정용 기구 제조업	세척공정	세척 및 도포
	기타 특수목적용 기계 제조업	코팅공정	코팅제(2)
봉제의복 및 모피제품 제조업	모피가공 및 모피제품 제조업	세척공정	세척제
		혼합공정	원료(안료배합 및 접착제원료)
	봉제의복 제조업	코팅공정	도포, 수지용제, 원재(희석)
		혼합공정	부재료(희석)
섬유제품 제조업; 봉제의복 제외	기타 섬유제품 제조업	접착공정	접착성분
		코팅공정	섬유처리
		혼합공정	접착성분, 수지희석
	섬유 염색 및 가공업	코팅공정	섬유처리
제사 및 방적업	반응공정	용제	

연구 및 개발업	자연과학 연구 개발업	검사,시험공정	시약
자동차 및 트레일러 제조업	자동차부품 제조업	성형공정	세척용
전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	반도체 및 기타 전자부품 제조업	침지공정	용제, 원료
		혼합공정	용제
	방송수신기 및 기타 영상, 음향기기 제조업	코팅공정	표면도포(난반사처리)
조립금속제품 제조업; 기계 및 가구 제외	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	접착공정	접착성분
	기타 조립금속제품 제조 및 금속처리업	세척공정	세척용
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	펄프, 종이 및 판지 제조업	접착공정	접착성분(1)

[표 13. 화합물 및 화학제품제조업 공정별 DMF/DMAc 취급용도]

중업종	세분류 업종	공정분류	취급용도
화합물 및 화학제품 제조업	기초 화합물 제조업	반응공정	기타, 염료용제, 희석제, PU수지원료
		세척공정	설비세척
		여과공정	회수용
		용해공정	수지용제용
		제거,정제공정	수지에서 DMF제거용
		주입,투입공정	용해력강화제
		준비,시작,공급공정	용제
		추출공정	제품추출용제
		코팅공정	수지용제용
		포장공정	제품
		혼합공정	희석제,페인트용제
	기타 화학제품 제조업	반응공정	촉매제
		여과공정	용제
		원료입고	원료

		주입,투입공정	원료, 에폭시용제, 접착성분, PU점도조절제
		코팅공정	원료
		투입공정	점도조절제, 용매제
		포장공정	제품
		혼합공정	용매, 원료, 수지용해제, 부재료, 착색제,용제
		화학설비	용제, DMF재생
		회석공정	점도조절제
	의약품 제조업	검사,시험공정	용매
		반응공정	용제
		주입,투입공정	시약,원료
	화학섬유 제조업	도장,도포공정	수지용제
		섬유공업	회석제
		침지공정	회석제, 페인트용제
		코팅공정	회석제, PU코팅제
		혼합공정	수지용제

○ 혼합물질의 특성

DMF 혼합물질의 특성을 살펴보면 대부분 폴리우레탄수지와 복합물질로 구성되어 있으며 용도에 따라 차이가 있으나 메틸에틸케톤(MEK), 톨루엔, 메틸이소부틸케톤(MIBK), 크실렌, 사이클로 헥사논 등의 기타 물질과 혼합되어 있는 것으로 조사되었다(표 14).

[표 14. DMF/DMAc 혼합물질의 구성요소]

공정명	공정별 용도	혼합물질의 구성
혼합공정	제품 부재료	MSDS 정보없음.
	접착제 성분	DMF : 20%, MEK : 10%, Poly Urethane 수지 : 70%임

	폴리우레탄 수지의 희석제로 사용	Poly Urethane 수지 : 50%, DMF : 30%, TOLUENE : 8%, MEK : 10%)
	접착제 원료	DMF 5.9%, MEK 3.9%, TOLUENE 29.9%, 기타 Poly Urethane 수지
포장공정	제품(Primer)	DMF : 15~20%, MEK : 25~35%, Toluene : 40~45%, 고무류 : 3~5%의 복합물질
	폴리우레탄 수지(제품)	Poly Urethane 수지로서 DMF는 5~30% 함유
코팅공정	접착용	MIBK30%, 모노크로로 벤젠 25%, DMF 3%, Toluene7% 등
	폴리우레탄 코팅제	Poly Urethane 20%-31%, DMF 7.0-71%, 첨가제등 (6종)
	섬유처리용 수지	MEK:20%, Poly Urethane:50%, DMF:30%, 고형분18%)에 아크릴수지(40%)와 Toluene를 배합한 물질
	섬유처리용수지	Poly Urethane, MEK, DMF 등이 포함된 수지
	브라운관 표면도포(난반사 및 눈부심 방지용)	DMF 8%, 기타 메탄올, 에탄올, 이소프로필알콜, 메틸에틸케톤
	장갑에 폴리우레탄 수지 도포	Poly Urethane에 DMF를 1:1의 비율로 배합된 수지
	희석용부재료	코팅액 : Poly Urethane와 DMF 혼합물
접착공정	접착용(접착제내 포함)	Polyurethane 32%, DMF 2.1% Methyl ethyl ketone 44.2% Toluene 21.5%,기타
	과수용 봉지접착	MSDS상 정보없음.
	접착제	Poly methane 5.6-6.5%, MEK 40-50%, TOLUENE 30-40%, DMF <=5, Cyclohexane <=5)
	접착제 성분	DMF : 20%, MEK : 10%, Poly Urethane : 70%
세척공정	세척용	DMF 60%, Dimethyl sulfoxide 15%,Ethylene glycol 15%
	세척 및 도포	N,N-Dimethylethanolamine 15-30% Diethanolamine 30-50% Diethylene glycol monomethyl ether 5-20%
도장,도포공정	제품 부재료	수지원료 (Poly Urethane: 50%, DMF : 10%, 기타)
기타표면처리	표면 처리용	DMF 20%,사이클로 헥사논20%, 크실렌15%, MEK 10% 등

○ 사용빈도 및 작업방법

DMF/DMAc 사용빈도는 4시간이상 매일 정상작업이 53개 공정으로 가장 많았으며 매일단시간작업이 18개 공정, 불규칙 간헐작업이 14개 공정, 규칙적 간헐작업의 순으로 나타났다. 작업방법은 수동작업이 42개 공정으로 대부분을 차지하였다(표 15).

[표 15. DMF/DMAc 사용빈도 및 작업방법]

업종명	공정명	공정 수	사용빈도				작업방법		
			매일 정상	매일 단 시간	규칙적 간헐*	불규칙 간헐**	자동	반자동	수동
소 계		88	53	18	3	14	27	20	41
고무제품 제조업	코팅공정	1	1				1		
	혼합공정	1		1					1
구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	접착공정	1	1				1		
기초 화합물 제조업	코팅공정	2	2				2		
	제거,정제공정	1	1				1		
	준비,시작,공급 공정	1	1					1	
	주입,투입공정	1	1				1		
	세척공정	1		1					1
	포장공정	1	1						1
	용해공정	1	1						1
	반응공정	5	3	1		1	2	1	2
	혼합공정	2	1	1				2	
	여과공정	1	1					1	
	추출공정	1				1	1		
기타 가정용 기구 제조업	세척공정	1	1				1		
기타 섬유제품 제조업	코팅공정	1	1						1
	접착공정	1	1						1
	혼합공정	3	2	1					3
기타 조립금속제품 제조 및 금속처리업	세척공정	1	1				1		
기타 특수목적용 기계 제조업	코팅공정	2	2				1		1

기타 화학제품 제조업	원료입고	1		1				1	
	코팅공정	2	1	1			1	1	
	주입,투입공정	4		1		3		1	3
	투입공정	2	1			1	1		1
	포장공정	1				1			1
	반응공정	1	1					1	
	혼합공정	6	1	3	1	1		1	5
	회석공정	1				1			1
	여과공정	1				1			1
	화학설비	3		2		1	2	1	
모피가공 및 모피제품 제조업	세척공정	1	1						1
	혼합공정	2	2					1	1
반도체 및 기타 전자부품 제조업	혼합공정	1		1			1		
	침지공정	2	2				1		1
방송수신기 및 기타 영상, 음향기기 제조업	코팅공정	1		1				1	
봉제의복 제조업	코팅공정	3	2		1		2	1	
	혼합공정	1	1						1
섬유 염색 및 가공업	코팅공정	1	1					1	
신발 제조업	접착공정	1	1				1		
의약품 제조업	주입,투입공정	2		1		1		1	1
	검사,시험공정	1		1					1
	반응공정	2	1		1			2	
자동차부품 제조업	성형공정	1		1					1
자연과학 연구 개발업	검사,시험공정	2				2			2
제사 및 방적업	반응공정	1	1					1	
필프, 종이 및 판지 제조업	접착공정	1	1						1
플라스틱제품 제조업	도장,도포공정	1	1						1

	코팅공정	3	3				1		2
	기타표면처리	1	1				1		
	혼합공정	1	1					1	
	인쇄,종이,목재 공업	1	1						1
화학섬유 제조업	도장,도포공정	1	1						1
	코팅공정	2	2				2		
	혼합공정	1	1					1	
	침지공정	1	1					1	
	섬유공업	2	2				2		

*규칙적 간헐작업 : 일정한 주기로 수시로 하는 작업

**불규칙적 간헐작업 : 일정한 주기없이 수시로 하는 작업

○ 화학물질 유통실태

업종별 공정별 사용량은 플라스틱제조업의 도장, 도포공정이 1,200,000kg/월로 가장 많고 기타화학제품제조업의 화학설비에서 602,800kg/월, 기초화합물 제조업의 반응공정이 325,800kg/월 기타 업종 기타 공정순으로 나타났다(표 16).

[표 16. DMF/DMAc 세분류 업종별 공정별 유통현황]

세분류업종명	공정명	구입업체현황		사용량 (월/kg)
		제조(재 생포함)	판매	
		39	47	
고무제품 제조업	코팅공정	1	0	7,000
	혼합공정	1	0	7,000
구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	접착공정	0	1	2,900
기초 화합물 제조업	반응공정	2	3	325,800
	세척공정	1	0	200
	여과공정	0	1	56,000
	용해공정	1	0	1,000
	제거,정제공정	1	0	600
	주입,투입공정	1	0	150,000

	준비,시작,공급공정	0	1	5,000
	추출공정	0	1	7,500
	코팅공정	0	2	3,500
	포장공정	1	0	150,000
	혼합공정	0	2	4,000
기타 가정용 기구 제조업	세척공정	1	0	730
기타 섬유제품 제조업	접착공정	1	0	1,200
	코팅공정	1	0	7,000
	혼합공정	3	0	8,850
기타 조립금속제품 제조 및 금속처리업	세척공정	1	0	200
기타 특수목적용 기계 제조업	코팅공정	0	2	30
기타 화학제품 제조업	반응공정	0	1	416
	여과공정	0	1	
	원료입고	0	1	900
	주입,투입공정	1	3	13,100
	코팅공정	0	2	2,000
	투입공정	0	2	32,500
	포장공정	0	1	1,100
	혼합공정	2	4	86,410
	화학설비	0	2	602,800
	회석공정	0	1	-
모피가공 및 모피제품 제조업	세척공정	1	0	22
	혼합공정	2	0	12,483
반도체 및 기타 전자부품 제조업	침지공정	1	1	98,000
	혼합공정	1	0	20,000
방송수신기 및 기타 영상, 음향기기 제조업	코팅공정	1	0	190
봉제의복 제조업	코팅공정	3	0	42,000
	혼합공정	1	0	6,000
섬유 염색 및 가공업	코팅공정	1	0	12,055
신발 제조업	접착공정	0	1	54
의약품 제조업	검사,시험공정	0	1	5
	반응공정	0	2	12,270
	주입,투입공정	0	2	150
자동차부품 제조업	성형공정	0	1	50
자연과학 연구 개발업	검사,시험공정	0	2	76
제사 및 방적업	반응공정	0	1	550

펄프, 종이 및 판지 제조업	접착공정	0	1	10,000
	기타표면처리	1	0	7,500
플라스틱제품 제조업	도장,도포공정	0	0	1,200,000
	인쇄,종이,목재공업	1	0	750
	코팅공정	2	1	368,300
	혼합공정	1	0	7,000
화학섬유 제조업	도장,도포공정	0	1	1,800
	섬유공업	2	0	400
	침지공정	1	0	54,800
	코팅공정	1	1	134,800
	혼합공정	0	1	1,800

※ 제조 및 판매 업체 개수는 중복계산됨.

2) 업종별 공정별 취급실태(사례별)

○ 가죽, 가방 및 신발제조업(신발제조업)

<접착공정> 신발제조업에서 DMF는 접착제의 성분으로 접착과정에서 근로자가 노출되며 타공정과 인접해 있는 상태에서 복합유기용제(MEK, 톨루엔 등)에 노출되고 있다. 작업은 측면에서 신발에 접착제를 발라 건조라인에 올려놓은 형식으로 이루어지며 매일 상시작업이나 작업환경측정결과는 불검출로 DMF 사용량은 많지 않으나 후드의 위치 등의 환기설비가 적절하지 않고 보호구 착용실태도 미흡함으로 만성적인 영향이 우려된다.

<접착공정>



○ 고무 및 플라스틱 제품 제조업(플라스틱 제품제조업)

<사례1, 접착공정> 알루미늄 샤시 생산업체에서는 샤시 표면에 접착제가 발라진 시트를 자동으로 접착하는 공정내의 고무 등 목적으로 출입하는 근로자에게 DMF가 노출된다. DMF(2.1%)는 접착제의 한 성분이며 접착공정에서의 작업환경측정결과는 불검출이었다.

<자동 접착공정>



<사례2, 도장공정> 바닥재, 자동차 내장재, 시트류 생산업체에서의 DMF 용도는 PVC 합판(접착)력을 부여하기 위한 표면처리코팅제로 사용되었다. DMF 노출공정인 전처리 도장공정은 표면처리제 코팅공정으로 자동화 되어 있고 물질안전보건자료에 따르면 DMF 함량은 약 20%였다. 밀폐식 국소배기장치가 설치되어 있으며 작업환경측정결과는 불검출이었으며, 도장실 내부는 회전식 노즐이 있어 건조오븐에 들어가기 전에 전원단에 분사하여 표면을 코팅처리한다. 간헐적인 작업으로 지속적으로 노출되지 않으나 접근시 보호구 상시 착용 및 배기장치의 적정관리가 중요하다.

<도장공정, 외부>



<도장실 내부>



<사례3, 코팅 및 인쇄공정> 승화형 필름, 라텍스 생산업체로 무색의 필름 원단을 롤러를 따라 자동으로 인쇄하는 과정에서 DMF가 노출된다. DMF는 조색실에서 잉크용제로 사용, 혼합탱크에서 자동혼합되어 공급된다. 조색실과 실험실은 격리되어 있으나 필름 인쇄공정은 격리되어 있지 않다.

승화용 필름 공정 및 실험실에서 노출정도는 불검출(n=3), 0.0842ppm이었으나 복합유기용제의 노출가능성을 배제할 수 없으므로 용기로부터의 확산을 막기 위해 사용하지 않은 용기는 반드시 뚜껑을 덮도록 습관화 하고 작업시 되도록이면 DMF의 피부확산을 최소화 하기 위해 긴팔 작업복과 보호장갑을 착용하고 작업할 수 있도록 적극적인 관리가 필요하다. 라텍스 실험실은 0.3479ppm으로 노출근로자는 약 17명이었다.

<배합공정>

<코팅작업1>

<코팅작업2>

<코팅작업3>



<사례4, 합포공정> 문구케이스를 제작하는 업체로 원료인 종이, PVC(Poly vinyl chloride)를 입고 하여 인쇄지에 PVC를 붙이고(전사) 이후 다시 종이를 제거하여 PVC에 백색 합지한다(합포). 생산된 케이스를 고주파로 성형 가공하여 최종적인 문구케이스인 완제품을 생산한다.

<전사기>



<합포기>



DMF(100%)는 전사 및 합포공정의 코팅제로 사용되며 작업환경측정결과는 불검출이고 특수검진결과 건강이상자가 발견되지 않았으나, 설치된 국소배기장치의 후드위치와 측면에 개방되어 있는 용기로 볼 때 설비의 효과를 기대하기는 힘들 것으로 보이므로 빠른 시일내에 설비개선이 필요하다. 또한 설비개선 완료전까지는 근로자의 적절한 호흡 및 피부흡수를 최소화 하기 위한 보호조치가 필수적이다.

○ 전자부품, 영상, 음향 및 통신장비제조업(인쇄 회로판 제조업)

<사례1, 혼합 및 함침공정, 중점관리공정> 인쇄회로용 동박적층판 제조과정에서 DMF는 반제품의 물성조절을 위해 사용되며 이를 위해 원액제조공정인 배합공정, 함침과정에서 DMF에 노출된다. 전기절연지, 유리천섬유수지의 함침을 용이하게 하기 위해 DMF는 기본수지에 용제혼합건조공정에서 반제품의 물성조절을 위한 강화 경화촉진제로 사용되고 있다.

DMF 노출공정인 혼합공정에서 DMF는 외부의 저장탱크로부터 일정량이 펌핑되어 혼합기로 자동·송급되고 있으나 각종 첨가 원료를 근로자가 혼합기 맨홀의 뚜껑을 열어 포대로 투입하고 있으며 이 과정에서 DMF등의 용제가 가스형태로 노출된다. 혼합공정에서의 작업은 약 30분가량 간헐 규칙적으로 이루어지며 측정결과치는 불검출이다. 함침공정에서는 DMF등의 혼합유기용제에 전기절연지, 유리천 섬유수지를 함침시킨 후 건조, 증발시켜 반경화상태의 반제품을 생산하고 있으며 이 공정은 외부와 격리되어 있으며 내부 조작시 하루 2시간가량 작업자가 출입하는데 이 과정에서 DMF에 노출될 가능성은 있다.

출입구 외부에 내부의 밀폐식 전체환기장치의 조작기기 및 급기시설, 개인별 보호장구가 비치되어 있으며 작업환경측정결과 평균치는 혼합공정은 1.077, 함침 공정은 4.11ppm이었다.

전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업의 노출평균은 2.274ppm으로 봉

제의복 및 모피제품제조업의 4.216ppm 다음으로 높은 업종으로 규칙적 간헐적인 작업으로 설비에 대한 적정관리와 근로자의 보호구 착용에 대한 인식 강화와 생활화 등의 지속적인 관리가 필수적이다.

<혼합기 외관모습1> <혼합기 외관모습2> <함침실 외부모습> <함침실 내부모습>



<사례2, 코팅공정, 중점관리공정> 회로소재 제조업체로 공정흐름을 살펴보면, 옥외저장탱크로부터 자동 배합 숙성되어 두 가지 종류의 기판이 물을 타고 내려와 자동으로 코팅작업이 이루어진 후 건조실로 이동하며 제품이 만들어진다. DMF는 코팅액에 포함되어 근로자에게 노출되거나 코팅실 또한 자동공정으로 기계결합 등의 특이사항이 발생하지 않으면 출입문을 개방하지 않음으로 근로자에게 실질적인 노출은 없었으며 작업환경측정결과는 불검출이다.

그러나 DMF 중독사고는 대부분 간헐적인 수동 작업에 집중되어 있으므로 근로자가 개인보호구 착용 등의 보호조치에 소홀하지 않도록 적극적인 지도감독이 필요하다.

<코팅실 1>



<코팅실 2>



○ 조립금속제품 제조업:기계 및 가구제외(전기도금업)

<자동세척공정>반도체 리드프레임 도금업체로 도금을 시행하기 전처리 단계로 이물질 제거를 위해 세척제로 DMF(60%) 혼합물질을 사용한다. 사용량은 월 200kg 정도이고 자동세척조의 작업환경측정결과는 0.190, 0.292ppm이다.

<자동세척공정>



○ 연구개발업

<사례1,2, 실험실공정>입고된 아크릴 혼방섬유샘플을 DMF에 용해시켜 분석하는 과정에서 사용되고 있으며, 간헐작업으로 실험실 흡후드내에서 작업이 이루어진다. 사용량이 많지 않고 작업환경측정결과는 불검출이다. 또한 근로자의 보호구 착용실태(보호장갑)가 미비한 것으로 판단됨으로 DMF에 대한 독성학적 이해가 필수적인 것으로 판단된다.

<실험실내 흡후드1> <실험실내 흡후드2> <DMF등 보관장소1> <DMF등 보관장소2>



○ 자동차 및 트레일러 제조업(기타 자동차 부품제조업)

<세척공정>스포일러 범프 가드를 생산하는 업체로 원자재인 유리를 투입후 1차 도포후 금형 내에 사출시켜 성형품을 만든다. 성형품에 대해 커팅, 샌딩등의 가공공정을 거쳐 최종 제품을 생산하는데 DMF는 금형세척용 용제로 사용된다. 금형세척을 위해 국소배기장치는 설치되어 있지 않고, 1일 근무 중 세척은 1회 정도로 규칙적으로 이루어지며 작업은 15-20분 정도 소요되며 작업환경측정결과는 0.05ppm이다. 호흡기 노출 및 피부접촉에 의한 노출이 우려된다.

<금형세척하는 모습>



○ 화학물 및 화학제품제조업(화학섬유제조업)

<사례1M, 함침공정> 제대지 생산업체로 생산 공정을 살펴보면, 원재료 입고 후 원면을 니들펀칭으로 얇게 펴서 부직포로 만들어 얇게 편 원면의 포를 고정해서(수축) 용출과정을 통해 원면의 불순물을 제거한다. 약품처리를 통해 원면을 부드럽게 처리하고(PVA 전처리), 원면에 폴리우레탄 수지를 도포한다. 이후 원면에 염색하고 다시 원면을 건조 고정하여 원면을 잔잔하게 기모를 세워주는 작업을 실시하게 된다(M버핑, 파이날버핑). 원면의 기모를 균일하게 해서 최종적으로 검단 후 제대지가 생산된다.

DMF(70%이상)는 부직포를 폴리우레탄 수지로 도포하는 과정(함침공정)에서 노출되며 실제의 함침공정은 밀폐공정으로 외부에 기계감시를 통해 작업이 이루어진다. 작업환경측정결과는 0.6344ppm으로 1일 투입량은 약 4톤이며 투입횟수는 1일 4~5회이다.

<폴리우레탄 함침공정1>



<폴리우레탄 함침공정2>



○ 기타 화학제품 제조업(유기화학제품제조업)

<사례1, 투입공정, 중점관리공정>계면활성제 제조업체로 계면활성제의 원료로 DMF가 사용된다. DMF, urea, NP5, sulphamic acid등의 원료를 혼합하기 위해 반응기에 투입하는데 이 과정에서 DMF가 노출된다. 진공으로 드럼에 원료를 투입하는데 우측 그림에서 나타나듯이 피부 접촉에 의한 DMF 과노출이 우려되며 작업은 1일 1회 작업으로 10분정도 노출되고 있으며 작업환경측정결과는 불검출이다.

<투입공정>



<사례2, 여과 및 반응공정>

염료생산업체로 DMF는 염료중간체 용제로 투입되어 반응이 용이하게 도와주는 역할을 한다. DMF를 진공펌프로 반응기에 주입하는 과정에서, 반응기에서 나온 제품을 에어펌프를 이용하여 여과기로 운반하고 DMF를 분리하여 폐기 처분하는 작업 중에 노출될 가능성이 있으나 각각의 공정은 밀폐설비로 포위식 후드가 설치되어 있으며, 배합공정에서 작업환경측정결과는 불검출로 사고성 누출에 의한 피부접촉을 주의할 필요가 있다.

<여과공정>



<반응공정>



<사례3, 화학반응 및 시료채취공정> 1,3-부타디엔 생산공정의 1,2차 추출증류공정에서 1,3-부타디엔을 추출하기 위한 용제로 DMF를 사용한 후 회수하여 재 사용하는 과정을 거친다. 작업방법은 DMF 입고 차량 탱크로리에 이송용 호스를 작업자가 연결 후에 펌프로 이송하고, 탱크에서 공정으로 이송방법은 조정실에서 자동운전(년 2회정도 DMF 보충)을 통해 이루어진다.

DMF의 실제 노출은 현장운전자가 점검 및 보수시에 직, 간접적으로 노출이 되며 정제된 DMF의 이물질 함유량 등을 확인하기 위하여 주 2회로 수행하는 시료 채취시에도 직접 노출된다. 또한 실험실 근로자가 시료전처리 작업시 5분 내외 직, 간접적으로 노출된다. 작업환경측정결과는 3개 지점 모두 불검출이나 간헐적이고 단기적인 작업시 호흡기 및 피부노출을 예방할 수 있는 보호장비의 착용실태가 폭로를 예방하는 중요한 열쇠가 된다.

<1/2단계 증류추출>

<DMF저장탱크>

<DMF 정제>

<시료채취장소>



○ 기타 화학제품 제조업(인쇄 및 잉크제조업)

<배합/혼합/분산/포장공정, 중점관리공정> 피복가공용 착색제인 특수 잉크 및 안료를 생산하는 업체로 DMF는 원료로 투입된다. DMF 노출은 원료로 배합, 믹스 분산, 포장과정에서 이루어지며 이 공정들이 내부에 혼재되어 존재함으로 각 공정에서의 노출의 영향을 미치는 것으로 보인다. 분산공정기계 온도가 약 60℃로 내부 확산에 영향을 주고 있으며 분산공정에 설치된 플렉시블 덕트 후드의 경우 용기 개구면에 비해 훨씬 좁아 적절한 제어속도를 확보하기가 힘들며 작업자의 작업복 상태를 보면 피부노출에 의한 DMF 과노출도 우려된다. 사용량이 월 31,000kg인데 비해 이 공정에서의 작업환경측정결과는 0.4189~0.9564ppm(n=4)의 분포를 보이고 있었으나, DMF 대사산물의 증가로 인한 요관찰자(C1)가 발생하였다.



○ 기타 화학제품 제조업(일반용 도료 및 관련제품 제조업)

<사례1, 포장공정, 중점관리공정> 장갑용(반도체용) 코팅제 생산과정에서 DMF는 코팅제 부재료로 사용된다. 각종 화학물질을 입고해서 제품에 필요한 수지원료와 안료 등을 혼합기 탱크에서 배합하는 과정에서 DMF가 노출되며 포장공정으로 한면이 개방되어 있는 상태이며 개방된 포장공정에서 작업하는 근로자들의 작업상황을 살펴보면 작업장에 환기시설이 설치되어 있지 않으며, 또한 근로자들이 보호구를 착용하지 않아 문제가 되는 공정이었다. 1일 2시간으로 매월 10일 정도 작업하는 것으로 조사되었다.

<포장공정>



<사례2, 배합 및 회석공정/투입/여과 및 포장공정> 철강용 도료 생산하는 과정에서 DMF는 원료수지의 용제 및 회석제로 사용된다. 따라서 DMF는 초기 배합과정에서, 점도 검사과정을 거쳐 점도가 맞지 않은 경우 용제를 추가하는 회석공정에서 노출된다. 여과포장공정은 자동투입공정으로 근로자와의 직접 접촉은 이루어지지 않는다. 배합 및 회석공정의 작업자가 동일하며 간헐적으로 월 3~4회, 1일 10분 미만의 작업으로 작업환경측정결과는 불검출이다.

<배합 및 회석공정>

<DMF 투입공정, 드림리프트사용>

<여과/포장공정>



○ 기타 화학제품 제조업(합성수지제조업)

<사례1, 포장공정, 중점관리공정> 폴리우레탄 수지 제조업체로 DMF, 톨루엔, MEK, PU등을 저장탱크에서 배관을 통해 자동으로 반응기에 투입하여 마지막 반응과정을 거쳐 폴리우레탄 제품으로 생산 포장한다. DMF 노출작업은 반응공정에서 맨홀로 타원료를 투입시, 마지막 포장단계(1일 2시간)에서 배관을 통해 탱크 및 드럼에 주입할 때이다. 생산제품인 폴리우레탄 수지에는 DMF가 5~30% 함유되어 있다.

반응기 맨홀에 부재료 투입시에는 국소배기장치의 적정제어속도가 확보되지 못하고 있는 실정인데 후드 개구면이 제어면에 비해 지나치게 좁은 것이 원인임으로 후드 상부측을 포위할 필요가 있다. 포장공정에 설치된 국소배기장치의 제어속도는 2.44m/sec로 비교적 양호하며 작업장내 경고표지는 적절하게 표시되어 있고 보호구는 적절한 것으로 지급되었으며 작업장내 세안설비도 갖추어진 상태임으로 이에 대한 근로자 인식만 충족이 되면 관리실태는 비교적 양호한 편이었다. 반응과 포장공정에서 작업환경노출결과는 각각 0.7263ppm, 0.19227ppm이었다

그러나 이 사업장의 1개 사업장의 예에서는 생산된 접착제에는 15~20%

의 DMF성분이 포함되어 있으며 1일 한시간 작업으로 투입, 혼합하고 작업 환경설비에서 후드의 크기가 맨홀의 크기에 비해 작아 적절한 제어속도가 확보되지 않았으며 국소배기장치의 덕트 일부에 구멍이 뚫려 있어 밀폐보수가 필요하였다. 포장공정내의 국소배기장치 및 근로자의 보호구 착용실태가 미비한 것으로 밝혀짐에 따라 이 공정에 대해서는 중점관리가 필요하다. 후드 속도는 0.35m/s로 부적절하였으며 사고성 누출시를 대비한 세안설비가 설치되어 있지 않았다. 보호구는 적절한 것으로 지급되었으나 평상시 착용상태는 양호하지 않았다.

<DMF저장탱크>

<연결주입구>

<반응기 맨홀>

<포장공정>



<투입, 혼합공정>

<포장공정>

<생산제품>



<사례2, 반응공정> 수용성 우레탄을 제조하는 업체로 원재료로 입고된 포리올과 이소시아네이트류 유기용제에 DMF(20%)를 투입하여 점도를 낮추고 산에 반응시키는 과정을 거쳐 70%의 물과 아민류로 이루어진 용액이 들어있는 반응기에 된 물질을 반응시킨 후 수분산시켜 최종제품을 생산한다.

DMF의 월 사용량이 200kg으로 반응기에 투입하거나 제품을 포장할 때 노출되는데 작업은 1주일당 2-3회의 간헐작업으로 1회 작업시 90분의 시간이 소요된다. 작업환경측정은 미측정상대로 노출수준을 알 수 없으나 설치된 닥트의 형태로 볼 때 가스형태로 방출되는 유기용제가 적절히 제어되고 있다고 보기는 힘들다.

<합성 반응기 전경>



○ 기타 화학제품 제조업(의약품 제조업/의약품 화합물 및 향생물질 제조업)

<사례1, 투입공정>지도부딘(AIDS 억제제) 생산업체로 고품으로 투입된 원재료의 반응을 용이하기 위한 용제로 사용되며 DMF가 반응기에 진공펌프로 투입되며 실노출시간은 하루 1~2시간으로 일주일에 2~3일 정도 간헐작업으로 이루어진다. 투입공정의 작업환경노출수준은 0.259ppm정도이다.

<DMF 투입공정>



<사례2, 실험실>의약품제조업체로 에탄올 분석실험을 위해 유리병의 DMF를 비이커에 옮겨 담은 후에 콜벤에 조금씩 투입하는 과정에서 노출되며 간헐작업으로 한 작업당 30분이다. 작업환경측정결과 불검출이었다.

<실험실 후드>



<사례3, 반응공정> 비타민 제조업체로 DMF 등의 원료로 투입하여 반응 여과 과정을 거쳐 제품을 생산한다. DMF는 제품의 제조설비인 반응기에 인력으로 투입하여 그 이후 공정은 자동으로 이뤄진다. 월 3~4회 DMF 투입작업을 실시하며 DMF 용기에 호스를 연결하여 이를 반응기와 연결 후 반응기 내부에 음압을 걸어 반응기로 투입하며 외부식 국소배기장치와 플렉시블 덕트가 설치되어 있다. 작업환경측정결과는 불검출이다.

<반응기 외부모습>



○ 기타 화학제품 제조업(도료제품 또는 유기가공제품제조업)

<사례1, 배합 및 포장공정, 중점관리공정> 폴리우레탄 수지 및 폴리우레탄 토너 생산업체로 DMF는 원료 및 희석제로 투입된다. 300kg의 용기에 PVC, 폴리우레탄레진과 톨루엔, MEK, 안료 및 DMF등을 수동으로 배합하여 토너를 생산하며 타공정에 개방되어 있는 상태로 3대의 배합기가 돌아간다. 작업시간은 하루 1시간 정도이다. 폴리우레탄 혼합공정은 반응탱크에 원재료 및 첨가제를 자동 투입하여 반응시키는 형태로 작업이 이루어지며 타공정과 혼재되어 있으며 반응기는 4대 정도이다. 특수검진결과상 이상은 없었다. 토너 배합은 DMF 월사용량이 3,000kg, 폴리우레탄 혼합공정 27,000kg으로 폴리우레탄 공정 사용량이 많았다. 이 공정은 중점관리가 필요하다고 판단되는데 작업환경측정결과상 토너 배합공정은 0.0134~0.2496ppm, 폴리우레탄 혼합공정은 5.0970~5.2384ppm으로 폴리우레탄 혼합공정이 다소 높게 나타나고 있으며 수동작업으로 타공정과 개방되어 있는 상태로 국소배기장치의 적정관리 및 운영과 보호구 착용상태가 원활하지 않을 경우 근로자의 과노출이 우려된다. 폴리우레탄 포장공정에서는 희석액으로 톨루엔이 투입되는 경우가 다소 있어 복합유기용제에 대한 복합노출가능성을 배제할 수 없다.

<토너배합공정>



<폴리우레탄수지 포장>



○ 기타화학제품제조업(합성피혁제조업)

<업종개요>

천연가죽의 대체품으로 개발되기 시작한 합성피혁은 직물이나 편성물에 염화비닐 수지를 도포하여 만든 천연가죽과 유사한 외관의 ‘비닐 가죽(PVC Leather)’을 제조하던 단계로부터, 직물이나 편성물에 폴리우레탄 수지나 나일론 수지를 가공한 ‘합성가죽’, 부직포에 폴리우레탄 수지를 함침하여 성능 및 구조면에서도 천연가죽과 유사한 ‘인공가죽’의 단계로 발달되어왔는데 현재 우리나라에서는 제품의 용도에 따라 다양한 합성피혁을 생산하고 있다.

<공정설명>

합성피혁 제조 공정은 크게 배합, 코팅, 후가공으로 나뉘며 수세여부에 따라 크게 습식공정과 건식공정으로 나뉜다.

<합성피혁제조공정 순서>

<건식공정> 원료입고→배합→코팅→숙성→박리→표면처리→검사→출하

<습식공정> 원료입고→배합→코팅→응고→수세→건조→후가공→검사→출하

DMF는 코팅원액인 우레탄수지에 20-70% 정도로 포함되어있는데, 배합공정에서 우레탄 원액의 점도를 조정하기 위하여 건식의 경우 주로 톨루엔과 MEK를, 습식공정은 주로 DMF를 용제로 첨가하게 된다. 배합이 끝난 코팅원액을 건식은 이형지(releasing paper) 위에 도포하여 건조시키지만, 습식은 부직포 등의 섬유원단을 코팅원액에 함침시켜 섬유의 미세구조 사이로 침투시킨다. 이러한 과정을 거친 뒤, 배합공정에서 첨가되었던 용제들(DMF, MEK, 톨루엔)들은 건식의 경우 열풍건조과정에서 증발되지만, 습식의 경우는 수세과정에서 DMF는 수세조 물속으로 녹아나오게 된다. 따라서 습식공정의 경우 천연피혁의 구조와 유사한 미세구조를 갖춘 보다 다양한 품종의 합성피혁을 생산할 수 있지만, 근로자가 DMF에 과폭로될 가능성도 커진다.

합성피혁 제조공정은 공정별 노출실태를 보면 공정의 혼합공정(배합), 코팅공정에서 주로 노출되며 습식공정에서 수세 및 건조공정에서도 수조에 녹아든 DMF에 의해 근로자가 노출되기도 한다. 이번 화학물질 실태조사에서 드러난 사례를 살펴 보면 DMF는 훨씬 다양한 용도로 사용되며 다양한 공정에서 노출되는 것을 볼 수 있다.

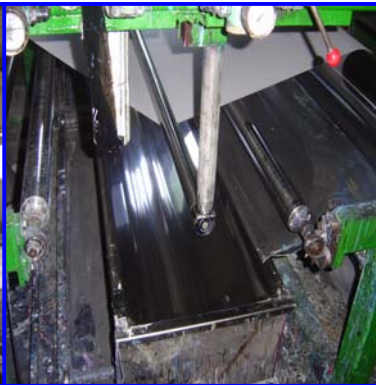
<사례, 배합/합침/습식코팅공정, 중점관리공정> 인조피혁제조업체로 DMF는 폴리우레탄 표면처리제로 사용되며 수세여부에 따라 습식 및 건식공정으로 나뉘어 이루어지며 습식공정에서는 배합, 합침, 코팅공정에서 DMF가 노출되었으며 건식공정에서는 배합, 1차코팅 및 2차 접착공정에서 DMF가 사용되고 있었다. 작업환경노출수준은 습식공정에서 배합이 2.3678, 3.0792 ppm, 합침공정이 3.9711ppm, 코팅공정이 2.4491ppm으로 노출되고 있으며 건식코팅공정에서는 0.816, 0.1696ppm으로 습식공정에 비해 상대적으로 낮은 노출수준을 보이고 있었다.

기타 사례에서도 1일 근무시간은 10시간으로 근로자들의 보호구 착용실태가 미비한 편이었으며 작업환경측정결과 건식배합은 1.3ppm, 습식배합은 1.2ppm이었으며 습식 코팅공정은 8.5ppm으로 노출수준을 보이고 있음으로 합침 및 습식공정은 중점관리 공정으로 배기장치에 대한 적정관리 및 보호구(호흡보호구 및 보호장갑) 착용지도가 필수적으로 필요하다.

<습식공정, 배합>



<습식공정, 합침>



<습식공정, 코팅>



<건식공정, 배합>



<건식공정, 1차코팅>



<건식공정, 2차 코팅>



<원료투입>

<배합기>

<코팅(도포)공정>



합성피혁 제조업체의 또 다른 예를 살펴보면 DMF는 코팅제로 사용되며 배합공정에서 반자동(원료투입은 근로자가 배합기로 용기를 운반)으로 배합되며 배합된 원료를 코팅공정에서 근로자가 바가지로 퍼서 물을 타고 오는 제품의 표면에 부어서 도포하는 과정에서 사용 노출된다. 1일 3시간 정도로 작업이 이루어지며 노출정도는 배합공정은 1.6146ppm, 코팅공정은 3.5971 (1.9271~5.2671)ppm으로 노출되며 해당근로자에 대한 특수검진은 실시하지 않았으며 사진에서 보듯이 별도의 호흡용보호구 착용실태가 미비함으로 과노출이 우려된다. 유사업체에서는 작업환경노출범위는 0.8~9.9ppm으로 비교적 높은 수준에서 측정되며 코팅공정에 C1 발생자가 8명이 발생하였다.

<사례2, 배합 및 투입공정> 인조피혁제조업체로 DMF의 용도는 원료와 희석제, 접착제의 성분으로 사용되고 있으며 노출공정은 원료투입, 배합, 혼합원료투입, 인쇄공정이다.

공정과정을 살펴보면

- ① 입고 : DMF등의 원자재 입고
- ② 원료투입 : DMF 200리터 드럼통을 드럼리프트를 사용하여 배합기에 투입
- ③ 배합 : 믹서기 5기를 사용하여 DMF와 MEK 등을 배합
- ④ 혼합원료투입 : 자동화라인(발포, 인쇄공정)에 배합된 DMF 원료를 근로자가 바가지로 직접 투입
- ⑤ PU 코팅 및 건조 : PU코팅 원료(DMF 등)가 투입된 자동화라인
- ⑥ PVC 발포 및 건조 : PU코팅 상부에 PVC 발포 및 건조하는 자동화라인

- ⑦ 인쇄 및 건조 :잉크와 DMF를 혼합, 투입해 인쇄하는 자동화라인
- ⑧ 검사 및 포장

혼합원료 투입공정에서 국소배기장치는 설치되어 있으나 후드설치위치가 원료투입장소로부터 높아 적절한 제어속도 확보가 힘들며, 혼합조 용기의 발생 개구면이 넓어 뚜껑으로 밀폐시키고 구경이 작고 개폐노즐이 부착되어 있는 튜브를 부착하여 원료를 펌핑 투입하는 작업방법이 강구된다. 또한 호흡영역을 통과하는 상방형이 아니라 측병형 후드로 변경함이 바람직 할 것이다. DMF 노출공정의 작업이 1일 30분에서 2시간정도의 단시간 작업이지만 작업환경특성상 단시간 과노출이 우려되며 작업환경측정결과를 살펴보면 원료투입 및 배합 공정이 0.2172ppm, 혼합원료투입공정이 1.2860 ppm, 인쇄공정이 1.9022 ppm(n=3)으로 최대 2.2793ppm 정도로 DMF가 노출되고 있다.

<원료투입>

<배합공정>

<혼합원료투입>



<사례3, 투입 및 반응공정> 합성피혁수지 및 의료용품(cast 및 splint) 생산업체에서 DMF는 수지용제용, 세척용으로 사용되었다. 공정을 살펴보면 원료인 폴리에스테르 및 DMF 등을 입고하여 반응시설까지 배관으로 이송하고 배관을 통해 들어온 원료를 탱크에 혼합하여 합성피혁수지를 제조한다. 제조된 합성피혁수지를 소량 배출하여 두 번의 물세척 과정을 거치면서 수지 내에 함유된 DMF를 제거하여 수지를 응건 건조시켜 고형화 한다. 천위에 수지를 도포하여 만들어진 제품은 정형외과에 CAST로 납품하고 부목대신 사용하는 SPLINT등의 설비표면의 물질을 교체하거나 이물질을 제거하기 위해 DMF를 사용한다. DMF 노출공정은 투입공정, 수세공정, 설비세척공정이다.

<반응용기(수지용제용)>



<물 및 DMF 배출구>



DMF는 반응기로 자동 이송되는데 반응기에 기타 첨가물을 투입할 때 노출되며 1일 8시간 근무형태로 국소배기장치가 설치되어 있으며 투입공정에서의 노출수준은 0.81ppm.이다. 수지 내에 함유된 DMF가 수조를 통과 시키면서 제거할 때 노출되며 작업환경 측정결과는 불검출이다. 20ℓ의 플라스틱 용기로 설비를 세척할 때 작업환경측정결과는 0.9576ppm으로 특수검진결과 C1 발생자가 2명 발생하였다.

○ 섬유제품제조업: 봉제의복 제외(기타 섬유 염색 및 정리업/적층 및 표면처리 직물제조업)

<사례 1, 코팅공정> 직물염색가공업체로 입고된 원단을 건식 혹은 습식공정을 거쳐 배합 및 코팅을 해서 제품을 출고한다. DMF는 코팅액의 부재료로 투입되며 노출은 코팅공정에서 주로 발생한다. 배합기에서 배합은 자동투입되며 배합기에 덮개가 설치되어 있으며 국소배기장치는 미흡한 편이다. 코팅공정은 외부식 상방흡인형 후드가 설치되어 있으나 제어속도가 미흡하며 보호구는 적절한 것으로 지급되었으나 평상시 착용상태는 양호하지 않은 것으로 나타났다. 코팅공정의 작업환경측정결과는 1.0909ppm이었다.

<사례 2, 배합 및 합포과정> 섬유원단을 합포하는 업체로 입고된 원단을 합포하기 위해 DMF 함유된 접착제를 계량으로 소분 배합하여 합포기의 용기에 배합된 접착제를 수작업으로 부어 원단의 한면에 접착제를 입히는 과정에서 DMF가 노출된다. DMF는 접착제의 10~20%를 차지하며 배합시에는 별도의 배기장치 없이 작업자에게 노출되며 합포과정에서는 상방외부식 후드 및 4각 덕트가 설치되어 있었으나, 작업위치에서의 제어풍속이 0.35m/s로 부족하여 포위식 후드로 개조할 필요가 있으며 수작업으로 접착제를 투입하는 과정에서 피부노출 가능성이 있으나 지급된 고무장갑의 착용실태가 미흡한 편이었다. 작업환경측정결과 배합공정은 0.8560ppm, 합포공정은 0.9470~1.2960ppm으로 노출된다.

<배합기>



<계량을 위한 용액소분>



<용액계량작업>



<합포기의 근로자 위치>



<합포기에 접착제를 붙이는 작업>



<합포기 전경>



○ 섬유제품 제조업: 봉제의복제의(천막 및 기타 캔버스제품제조업)

<사례1, 배합 및 도포공정> 천막 또는 방수용 천 생산업체로 DMF는 폴리우레탄 수지를 녹이기 위한 용제로 투입되며 DMF를 배합, 혼합물을 도포하는 도포공정에서 노출된다. 1일 근무시간은 8시간으로 노출되나 노출수준은 0.48ppm의 저농도 수준에 노출되나 주변에 많은 수지가 취급되어 작업장내의 근로자에게 DMF등 복합적인 유해화학물질에 노출되고 있다.

<배합공정>



<배합/도포공정>



○ 봉제의복 및 모피제품제조업(플라스틱 합성 피혁제조업)

<사례 1, 혼합 및 코팅공정, 중점관리공정>신발가피용 합성피혁제조업체로 원재료 폴리우레탄 수지를 희석하기 위해 반자동으로 DMF를 투입하며 폴리우레탄 수지와 DMF 혼합물을 자동코팅기로 도포하나 측면에서 관리를 위해 근로자가 상주하고 있다.

작업환경노출수준은 배합 공정은 7.569ppm, 코팅공정은 10.023ppm으로 노출기준을 초과하고 있으며, 1일 작업시간은 4시간 정도이다. 고농도로 노출되고 있는 상황으로 판단할 때 전반적으로 보호구 착용실태가 미비하고 작업 특성상 국소배기장치의 원활한 제어가 어려움으로 특수건강검진을 통한 지속적인 관리와 지도가 필요하다.

<혼합>



<코팅>



○ 봉제의복 및 모피제품제조업 등(장갑제조업)

<사례1, 배합/투입 및 탈형공정, 중점관리공정> 제진용 폴리우레탄 코팅 장갑제조업체로 폴리우레탄 수지와 DMF를 일정한 비율로 배합하여 장갑 금형을 폴리우레탄 조에 자동 함침 코팅 후 건조하여 장갑을 제조한다. DMF는 용제와 희석제로 배합 및 투입/탈형공정에서 노출되는데 배합과정에는 별도의 국소배기장치, 호흡기 보호구 및 보호장갑등의 별도의 근로자 보호조치 없이 벽면의 환풍기에 의존한 상태로 작업이 이루어지고 있다. 코팅공정은 밀폐설비이나 작업중 문의 개폐상태에 측면의 탈형공정에 노출가능성이 충분함으로 각별한 주의 조치가 필요하다.

배합공정의 노출수준은 2.6344ppm, 투입 및 탈형공정은 0, 0.3692ppm으로 배합공정이 상대적으로 노출수준이 높다.

<배합>

<밀폐된 코팅설비>

<탈형설비>



<사례2, 코팅공정, 중점관리공정> 공업용특수장갑 제조업체로 편직 제작된 장갑을 DMF로 녹인 폴리우레탄으로 코팅하며, 장갑에 코팅된 DMF 제거를 위해 물로 네차례 정도 세정 후 건조하여 장갑을 재봉틀로 마감하여 생산한다.

DMF는 배합실에서 코팅액을 배합하여 코팅공정 함침조로 배관 이송하고, 코팅공정에서 발생한 가스상 DMF는 국소배기장치로 처리하고 장갑에 코팅된 DMF는 수세조에서 물로 용해처리, 건조공정에서 발생한 DMF는 건조조에 설치된 환기장치에서 제거한다. DMF 저장 탱크 및 코팅액 배합탱크는 옥내에 설치되어 있고 폐 코팅액 저장 탱크는 옥외에 설치되어 있다. 배합실은 입구 전면에 비닐 커튼이 설치된 밀폐 구조로 2층에 설치되었고, 배합실 바닥밑에 4기의 배합탱크가 설치되어 있고, 코팅설비, 수세설비, 건조설

비는 미닫이 형태의 문(door)이 부착된 밀폐구조이지만 수시로 점검 및 보수 등을 위하여 문을 개방하고 있어 적정성능 유지가 사실상 불가능한 구조로 되어 있다.

노출근로자는 총 6명으로 배합작업은 2일에 1회 주기로 실시하고 1회 10~15분동안 실시하며 1회 DMF 사용량은 약 310kg으로 생산량에 따라 변동이 가능하나 설비 가동 중에 작업자는 수시로 코팅실, 수세실, 건조실에 방독마스크를 착용하고 출입하고 있다.

코팅/수세/건조과정에서의 작업환경측정결과는 0.9732ppm(0.2924~1.8899, n=8), 2005년 하반기 측정결과는 최고 43.4393ppm으로 노출기준을 초과하였으며 2006년 배치후 건강진단결과 D1(전격성간염)이 발생하였다. 이는 국소배기장치의 적정관리와 보호구의 정확한 착용이 필요하다.

<배합실 내부>

<코팅실 입구>

<수세조>

<건조로>



○ 펄프, 종이 및 종이제품 제조업(가공지 제조업)

<접착공정> 과수용봉지 제작시 접착제에 성분으로 DMF가 일부 포함되어 있다. 국소배기장치가 설치되어 있으나 설치된 후드의 높이가 높아 적절한 제어풍속을 확보하지 못하고 있는 상태로 작업이 이루어지고 있다.

<접착제 사용 장소>



3) 결 론

이번 DMF에 의한 화학물질 유통실태조사과정에서 나타난 결과는 다음과 같다.

○ DMF의 업종별 현황

기초화학물질제조업 및 기타 화학제품제조업, 화학섬유제조업 및 플라스틱 제품제조업에서 사용으로 인한 노출공정수가 가장 많았다.

○ DMF의 공정별 현황

DMF는 코팅공정과 혼합공정에서 가장 많이 노출되었으며 그 다음이 반응공정, 주입, 투입공정 등의 순으로 나타났다.

○ DMF의 노출실태

- 2004년도 작업환경실태조사결과 분석에서 1993년도에 비해 DMF의 사용량은 80배, 노출근로자는 3배 정도 증가한 것으로 나타났다.
- 2004년도 작업환경측정결과 평균은 1.36ppm이고 검사 및 포장공정이 4ppm으로 가장 높았고, 도포공정이 3.7ppm, 기타 공정, 코팅의 순으로 높게 나타났으나 금년도 유통실태조사에서는 도장도포공정이 평균 3.23ppm 침지공정이 3.05ppm, 코팅공정이 1.54ppm 순으로 높게 나타났다. D1이 발생했던 1개의 코팅공정의 노출수준은 40ppm이었다.
- 유통실태조사에서 가장 높은 농도를 보인 업종은 봉제의복 및 모피 제품제조업이 4.216ppm으로 가장 많았으며 전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업이 2.274ppm, 가구 및 기타 제품 제조업이 2.064ppm, 출판, 인쇄 및 기록매체 복제업 1.968ppm, 고무 및 플라스틱제품 제조업이 1.958ppm의 순으로 높게 나타났다.
- 조사대상 60개 사업장 중에 6개 사업장에서 C1이 발생, 1개 사업장에서 D1이 발생했던 것으로 나타났다.
- 노출근로자 수가 대략적으로 861(조사대상사업장만 추산함)명 수준으로 나타났으나 특수검진을 통해 관리되고 있는 수준은 382명으로 47.2%로 불과한 것으로 나타났다.

○ DMF 혼합물질의 특징

DMF는 대부분 폴리우레탄 수지와 복합물질로 구성되어 있으며 용

도에 따라 차이가 있으나 메틸에틸케톤, 톨루엔, 메틸이소부틸케톤, 크실렌, 사이클로헥산 등의 기타 물질과 혼합되어 있는 것으로 나타났다.

○ DMF의 사용실태

DMF/DMAc 사용빈도는 4시간이상 매일 정상작업이 53개 공정으로 가장 많았으며 매일단시간작업이 18개 공정, 불규칙 간헐작업이 14개 공정, 규칙적 간헐작업의 순으로 나타났다. 작업방법은 수동 작업이 42개 공정으로 대부분을 차지하였다.

○ DMF의 유통 실태

업종별 공정별 사용량은 플라스틱제조업의 도장, 도포공정이 1,200,000kg/월로 가장 많았고 기타화학제품제조업의 화학설비, 기초화합물 제조업의 반응공정의 순으로 나타났다.

○ 업종별 공정별 취급실태 및 개선점

- 유통실태조사에서 중점관리공정으로 선정된 곳은 전자부품, 영상, 음향 및 통신장비제조업(인쇄 회로판 제조업)의 혼합 및 합침공정, 코팅공정, 기타 화학제품 제조업(투입, 인쇄 및 잉크제조업, 일반용 도료 및 관련제품 제조업, 합성수지제조업)의 배합/혼합/분산/포장 공정, 봉제의복 및 모피제품제조업의 혼합 및 코팅공정이다.
- 유통실태조사결과에서 대부분 높은 노출 수준을 유지했던 도장도포 공정, 침지공정, 코팅공정이 대부분으로 작업환경측정 자료의 활용과 이해가 필요한 것으로 판단된다.
- 위의 중점관리공정의 1레에서 드러나듯이 근로자의 특수건강검진이 이루어지지 않은 곳도 있었으며 다수의 근로자가 유소견자로 지속적으로 모니터링되는 사업장을 볼 때 근로자에 대한 근접관리와 이에 대해 보호 대책 및 작업전환 등의 적극적인 대책이 시급한 것으로 보인다.
- 작업환경설비적인 측면에서는 국소배기장치의 미설치 및 부적절한 후드 설치 및 제어속도 부족 등의 문제가 공존하는 경우가 대부분이었으며 이에 대한 재설계 및 관리실태점검이 전반적으로 필요한 것으로 나타났다.
- 작업형태별로 살펴보면 수동 작업, 장시간 노출일 경우 호흡기 보호구 착용은 비교적 양호한 것으로 보이나 보호 장갑의 착용은 저조한

것으로 조사되었으며 간헐작업인 경우에는 과폭로에 대한 주의 없이 작업하는 경우가 대부분으로 조사되었다. 자동공정이나 반자동 공정에서 불규칙적 비상시적으로 접근할 경우에는 보호장비 착용에 의해 크게 영향을 받는 것으로 보이며 실제로 D1이 발생했던 공정은 자동폐쇄공정으로 근로자가 간헐적으로 유지보수를 위해 드나드는 형태였던 것으로 나타났다.

이 자료는 한국산업안전공단에서 **화학물질 유통·사용 실태조사 결과보고서**로 제작한 자료이므로 타 기관에서 무단 복사·복제하여 사용하는 것은 저작권법에 위배됩니다.

화학물질 유통·사용 실태조사 결과보고서

발행일 : 2007. 4 월 초판발행

발행인 : 박 길 상

발행처 : 한국산업안전공단 산업보건국

인천광역시 부평구 구산동 34-4

Tel : 032) 510-0720

Fax : 032) 518-6486

인쇄처 : 동방기업 Tel : 02) 794-7600

〈비매품〉



한국산업안전공단
KOREA OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH AGENCY

