

일부 인쇄업 근로자의 유기용제 및 소음 노출에 관한 연구

변상훈 · 유인성 · 손종렬
고려대학교 병설 보건대학 환경위생과

A Study on Worker Exposure to Organic Solvents and Niose in Print Workplace

Sang-Hoon Byeon · In-Sung Yoo · Jong-Ryeul Sohn
Dept. of Environmental Sanitation, College of Health Sciences, Korea University, Seoul, Korea

Abstract

This study was investigated to evaluate worker exposures to organic solvents by type of print industry.

Results were as follows:

1. Workers were exposed to mixture of toluene, isopropyl alcohol(IPA), methyl ethyl ketone(MEK), n-hexane, ethylacetate(EA), acetone. The components of high exposure solvents were toluene, IPA and MEK.
2. Considering additive effects of the compounds, exposure indices(Em) were calculated. The Mean of exposure indices were 1.79 for Gravere, 0.41 for Screen and 0.14 for Opset workplace. The workers of Gravere workplace were estimated to overexpose for solvents.
3. The highest overexposed solvent was toluene for a single component. The rate of overexposed level for toluene was 7.41 % for some print workplace and for mixed solvent was 1.85 %.
4. Local exhaust systems were inappropriate and respiratory protective devices were not supplied to the workers.
5. Sound level was over 90dB(A) in Opset print workplace and some measures should be performed to get down the sound level.

I. 서 론

인쇄는 인류의 문화를 건설하기 위해서는 절대
로 없어서는 안될 매우 중요한 산업으로, 「직접적.
간접적으로 인류의 문화를 보다 빨리, 다량으로
싸고 정확하게 전달, 보존할 목적으로 판을 개입
하여 종이나 기타의 물질 위에 잉크로서 글자나

기타의 도형 등을 고정화하는 행위」로 정의할 수
있다. 오늘날 산업, 문화의 발달과정에서 인쇄는
우리에게 매우 밀접하고 유용한 도구로써 일상생
활에서 우리는 많은 인쇄물을 접하고 있다¹⁻⁵⁾. 대
표적인 인쇄방식으로 그라비아 인쇄, 스크린 인쇄,
옵셋 인쇄가 있다. 그라비아 인쇄는 오목판에 속
하는 제판인쇄방식으로 사진술을 응용하여 화학적

부식에 의해 오목판으로된 판면으로 각 면적의 포켓에 깊이가 다른 셀(cell)이 되어 있으며 이 깊이가 있는 cell에 잉크가 담겨 남은 부분의 불필요한 잉크를 닥터(doctor)라는 얇은 강판의 칼로 긁어서 없애면 cell 내에 남아 있는 잉크를 원지에 눌러 찍어 전이시키는 방식으로 사진기술의 발달 및 회화의 재현성이 높은 장점 때문에 출판, 잡지, 연포장공업 등 여러 분야에서 사용되고 있으며 인쇄업의 1/3 이상을 차지하고 있다. 대표적으로 잉크에 사용되는 유기용제로는 toluene, acetone, ethyl acetate(E.A), isopropyl alcohol(I.P.A) 등이 있다⁶⁻⁷⁾.

스크린 인쇄는 망목상의 실크(망사 screen fabric)위에 형(pattern)을 만들고, 스퀴지(squeegee)나 고무로울러로 실크의 망목을 통해서 묶은 잉크를 피인쇄체로 밀어내어 인쇄하는 방식이며 그라비아와 오프셋 인쇄에 비해 검출되는 유기용제의 종류가 적으며 대표적으로 methanol, I.P.A, toluene 등이 있다⁹⁻¹¹⁾.

오프셋 인쇄는 원고→사식→제판→인쇄→제본→출고 순으로 이루어지는 방식으로 인쇄용 잉크의 주원료로는 착색료, 첨가제, 전색제, 용기용제 등을 사용하게 된다. 유기용제는 그라비아방식과 대부분 동일하며 소부, 인쇄, 코팅과정에서 많이 검출된다. 이러한 유기용제에 중독되면 '머리가 아프다', '토할 것 같다', '팔다리가 저리거나 아프다' 등의 증상을 느끼게 된다. 인체에 미치는 영향으로서는 중추신경에 마취작용을 일으키며 간에 염증을 일으켜 황달증세가 생기며 심하면 요독증으로 사망하기도 한다. 또한 빈혈로 얼굴이 창백해지며 피부를 거칠게 하고 피부염을 일으키기도 한다¹²⁻¹⁵⁾.

본 연구에서는 위에서 언급한 대표적인 세 가지 인쇄 사업장을 대상으로 작업장의 공기 중 유기용제 농도를 비교, 분석하고 작업환경 실태와 설문조사를 통한 자극증세 호소율을 조사하여 비교함으로써 인쇄공정의 작업환경 개선을 위한 기초자료를 제공함은 물론 이들 부서에서 근무하는 근로자의 건강관리에 일조가 되고자 한다.

II. 조사대상 및 방법

1. 조사기간 및 대상

1997년 9월 25일부터 11월 2일 사이 수도권에 위치한 그라비아, 스크린, 오프셋 인쇄업체 각각 7개 사업장을 대상으로 시료를 채취하였으며 그 사업장의 근로자 50명을 무작위로 추출하여 설문조사를 실시하였다.

2. 측정방법

활성탄관(100 mg/50 mg, U.S.A.)을 장착한 개인 시료포집기(personal air sampler, Model LFS 113 D C, Gilian, U.S.A.)에 활성탄관을 튜브를 이용하여 연결한 다음 약 0.2 LPM의 유량으로 근로자의 호흡기 위치에 활성탄관을 부착하여 시료를 포집하였다. 측정시간은 오전, 오후로 나누어 부분적인 단기간 포집(partial period consecutive sample)으로 시료를 채취하였다. 이때 작업장의 실내온도 및 습도는 각각 $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $30 \pm 5\%$ 였다. 6시간 이상 시료를 포집한 후 활성탄관의 양끝을 완전히 밀봉한 후 냉동보관해서 gas chromatograph(Hewlett packard 5890 servies II, U.S.A.)로 분석하였다. 소음 측정기기는 Sound Level Meter(Rion NL-01, Japan)를 사용하였으며 1일 8시간 작업 중 폭로되는 소음이 여러 가지 음압수준을 나타낸 것으로 간주하고 등가소음레벨방법으로 측정하였다⁸⁾.

3. 분석방법

활성탄관의 양끝을 절단하여 앞층과 뒷층으로 나눈후 각각의 바이알에 CS_2 1 ml를 넣는다. 마개를 완전히 밀봉한 다음 교반기(Agitator)를 이용하여 약 30분간 정치한 후 Microsyringe($10 \mu\text{l}$, Hamilton, U.S.A.)를 사용하여 상층액 $1 \mu\text{l}$ 를 FID(flame ionization detector)가 장착된 GC에 주입하여 분석하였다.

4. 평가방법

4.1 단일물질인 경우

- ① 측정농도(X), 노출기준(TWA) 및 시료포집 분석오차(SAE)를 구한다.
- ② 측정농도를 노출기준으로 나누어 표준화값(Y)을 구한다.

$$\text{표준화값}(Y) = \frac{\text{측정농도}(X)}{\text{노출기준}(TWA)}$$

- ③ 95% 신뢰도를 가진 상한치(UCL)를 계산한다.
 상한치(UCL) = Y+SAE
- ④ 95%의 신뢰도를 가진 하한치(LCL)를 계산한다.
 하한치(LCL) = Y-SAE
- ⑤ 다음과 같이 노출결과를 구분한다.
 - 상한치 ≤ 1 : 노출기준 미만
 - 하한치 ≤ 1 : 노출기준 초과 가능
 - 하한치 > 1 : 노출기준 초과

4.2 혼합물질인 경우

- ① 혼합물질 중에서 각각 해당물질에 대한 측정결과(X)와 노출기준(TWA) 및 시료 포집 분석오차(SAE)를 구한다.
- ② 표준화 값(Y)을 해당물질별로 구한다.
 $Y_N = X_N / TWA_N$
- ③ 혼합물의 노출계수(Em)를 구한다.
 $E_M = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_N$
- ④ 총노출율을 구한다.

$$R_1 = \frac{Y_1}{E_M} \quad R_2 = \frac{Y_2}{E_M} \quad \dots \quad R_n = \frac{Y_n}{E_M}$$

- ⑤ 혼합물을 포함하는 물질의 시료포집분석 오차를 구한다.
 $RSt = [(R_1^2 \times SAE_1^2) + (R_2^2 \times SAE_2^2) + \dots + (R_N^2 \times SAE_N^2)]^{1/2}$
- ⑥ 혼합물질의 노출기준(CL)을 구한다.
 $CL = 1 + RSt$
- ⑦ 다음과 같이 노출결과를 구분한다.
 - $E_M \leq CL$: 노출기준 미만
 - $E_M > 1, E_M > CL$: 노출기준 초과

III. 결과 및 고찰

21개 사업장에 대한 소음과 유기용제의 기준농도 평가를 실시한 결과 인쇄업태별 각 유기용제 성분의 검출분포는 Table 1.과 같다.

톨루엔은 읍셋 사업장에서 95%로 가장 많이 검출되었으며, 스크린 사업장에서 57%, 그라비아사업장에서 92%로 검출되었고, ME.K는 그라비아 사업장에서 64%, 스크린 사업장에서 28.6%, 읍셋 사업장에서 40%로 검출되었다. 그라비아 사업장의 혼합유기용제 노출기준에 대한 평가결과 혼합물질 노출계수(Em)가 1.78923으로 노출기준(CL)인 1.03747을 초과하였으며 스크린, 읍셋 사업장은 전부 노출기준 미만으로 발생되었다.

업태별로 작업환경 농도에 대한 초과율을 단일물질의 노출평가와 평가방법에 의하여 비교하였다.

각각의 측정점에 대해 평가한 결과 단일물질에 대한 허용기준 초과율은 7.41%로 총 54명 중 4명의 근로자가 톨루엔 단일물질에 초과되고 있는 것으로 나타났다.

그 중 그라비아 사업장에서는 3명(12.0%), 스크린 사업장에서는 1명(5.0%)가 초과되었다. 반면 종합적인 혼합유기용제에 대한 평가결과 그라비아 사업장에서 25명의 근로자 중 1명(4.0%)이 허용기

Table 1. The analysis conditions of Gas Chromatography

Column	Capillary column HP-FFAP	50 m × 0.32 mm × 0.52 μm
Detector	FID(flame ionization detector)	
Column 온도	180°C 2min 50°C 2min 15°C/min 12°C/min 38°C 8min	
Injection 온도	210°C	
Detector 온도	250°C	

Table 2. The exposure estimate for the component of solvent.

Solvents	Kind of Workplace	Workplace No.	Sample Number	Detect Rate(%)
Toluene	Gravere	7	25	23(92.0)
	Screen	7	14	8(57.1)
	Opset	7	20	19(95.0)
	Total	21	59	50(84.7)
I.P.A	Gravere	7	25	9(36.0)
	Screen	7	14	-
	Opset	7	20	11(55.0)
	Total	21	59	20(33.9)
M.E.K	Gravere	7	25	16(64.0)
	Screen	7	14	4(28.6)
	Opset	7	20	8(40.0)
	Total	21	59	28(28.6)
n-Hexane	Gravere	7	25	2(8.0)
	Screen	7	14	2(14.3)
	Opset	7	20	4(20.0)
	Total	21	59	8(13.6)
E.A	Gravere	7	25	9(36.0)
	Screen	7	14	-
	Opset	7	20	4(20.0)
	Total	21	59	50(84.7)
Acetone	Gravere	7	25	7(28.0)
	Screen	7	14	3(21.4)
	Opset	7	20	6(30.0)
	Total	21	59	16(27.1)

준을 초과하였다.

환기장치는 작업 형태별로 국소배기와 전체환기로 구분이 되어 있었고 그라비아, 스크린, 옵셋 사업장 환기장치의 Hood 설치방향, 배기능력 등을 파악하여 본 결과 설치는 하였으나 환기효율이 떨어지는 것으로 나타났다.

소음 측정결과 옵셋 사업장의 측정 수 27개 중 13개 장소에서 허용기준[90dB(A)]을 초과했으며 그중 최고 측정치가 90.3 ~ 104.9[dB(A)]로 나왔으며 도시바, 도무송 등이 작동되는 공정이었다. 소음으로 인한 증상으로는 청력 손실과 생리적, 정서

Table 3. The results of solvent vapor concentrations for some kind of workplace.

Solvents	Concentration (ppm)	TLV (ppm)	Stand. Con.(Y)	SAE	Em	CL	Class
Gravere	Mixed solvent				1.78923	1.03747	Oner
	Toluene	100.20	100	0.10020	0.132		
	I.P.A	38.16	400	0.09540	0.240		
	M.E.K	40.25	200	0.20120	0.204		
	n-Hexane	19.33	50	0.38660	0.120		
	E.A	37.08	400	0.09270	0.120		
Screen	Acetone	8.46	750	0.01128	0.276		
	Mixed solvent				0.40575	1.00886	Less
	Toluene	38.68	100	0.38680	0.132		
	I.P.A	-	400	-	0.240		
	M.E.K	1.23	200	0.00615	0.204		
	n-Hexane	0.03	50	0.00060	0.120		
Opset	E.A	-	400	-	0.120		
	Acetone	9.15	750	0.01220	0.276		
	혼합유기용제				0.14303	1.09149	Less
	Toluene	7.65	100	0.07650	0.132		
	I.P.A	12.44	400	0.03110	0.240		
	M.E.K	2.77	200	0.01385	0.204		
	n-Hexane	0.97	50	0.01940	0.120		
	E.A	0.33	400	0.00080	0.120		
	Acetone	1.01	750	0.00134	0.276		

적 영향이 있는데 혈압상승, 근육수축, 땀을 흘리거나 호흡과 맥박이 빨라지는 것 등을 들 수 있다.

근로자들이 작업시 느끼는 자타각 증상을 설문 조사한 결과 유기용제에 노출시 나타나는 일반적 증상인 '피부(손)가 트거나 거칠어진다'가 32%로 가장 높았으며 중추신경계 억압증상 중 하나인 두통, 식욕감퇴 및 체중감소가 각각 20%, 6%를 차지하였다.

모든 근로자가 유해물질 사용여부를 인식하고 있었으며, 적절한 환기시설 설치여부에 대해서는 90%의 만족도가 나왔다. 정기적인 건강진단은 80%로 양호한 상태였고 작업시 적절한 보호구 착용에 대한 물음에는 20%로 가장 낮게 나왔다.

Table 4.. The overexposure rate for single and mixing solvents for some kind of workplace.

Kind of workplace	Sample Number	overexposure rate of single solvents(%)						overexposure rate of mixed solvents
		Toluene	I.P.A	M.E.K	n-Hexane	E.A	Acetone	
Gravere	25	3(12.00)	-	-	-	-	-	1(4.00)
Screen	20	1(5.00)	-	-	-	-	-	0(0.00)
Opset	9	-	-	-	-	-	-	0(0.00)
Total	54	4(7.41)	-	-	-	-	-	1(1.85)

Table 5. Noise exposure level for the kind of workplace.

Kind of workplace	Sampling Number	Number of overexposure	Highest level of noise [dB(A)]	Main process of overexposure
Gravere	34	1	92.3	Cutting Press
Screen	24	0	85.1	-
Opset	27	13	90.3 ~ 104.9	Tomoson

IV. 결 론

일부 인쇄업을 업태별로 구분하여 작업환경 실태를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인쇄에 사용되는 유기용제의 주성분은 toluene, I.P.A, M.E.K이었으며 그외 미량으로 n-Hexane, E.A, acetone 등의 성분이 검출되었다. 가장 많이 노출되는 유기용제는 톨루엔, IPA 그리고 MEK등으로 나타났다.
2. 혼합유기용제 노출기준에 대한 평가결과 그라비아사업장의 경우 혼합물질 노출계수 (Em)가 1.79로 나타나 노출기준을 초과했으나 스크린 사업장의 경우 0.41 그리고 옵셋 작업장의 경우 0.14로 나타나 노출기준미만으로 나타났다.
3. 작업환경중 혼합유기용제에 의한 노출허용기준 초과율은 혼합유기용제에 대한 노출평가 결과 전체 사업장 중 1.85% 초과한 것으로 나타났다. 단일유기용제에 대한 노출평가를 한 결과 톨루엔에 대한 초과노출율은 7.41%로 나타났다.

4. 소음은 옵셋인쇄 사업장이 노출기준인 90dB (A)을 초과하는 정도가 가장 심각하게 나왔으며 이를 위해서는 관리측의 적절한 소음 규제책이 필요하며 근로자들의 귀마개 착용이 요구된다.

본 연구결과 인쇄업의 보다 나은 작업환경 개선에 대한 대책을 사업주에게 적극적으로 작업환경개선의 필요성 등을 교육하고 홍보활동을 강화하여야 할 것으로 사료되며 관리감독자 및 작업자에게 유해요인의 유해성과 대책에 대한 지속적인 교육을 실시하여 유해인자 및 요인에 대한 경각심을 고취시켜야 될 것으로 보인다. 인간존중의 이념인 무재해 운동을 사업주와 근로자가 다같이 참여하여 쾌적하고 안전한 작업환경이 되도록 노력해야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 안병렬 : 인쇄공학. 세진사. 1993.
2. 대한산업보건협회 : 산업보건. 대한산업보건협회. 1995.
3. 한국산업위생학회 : 유기용제의 생물학적 폭로 기준 설정에 관한 연구. 한국산업위생학회지. 1991.
4. 한국산업위생학회 : 톨루엔 폭로 근로자의 혈중 톨루엔 및 요 중 마노산 농도. 한국산업위생학회지. 1993.
5. 대한산업보건협회 : 유기용제에 의한 중독과 대책. 대한산업보건협회. 1997.
6. 이승훈 : 유기용제 취급자들의 정신증상. 계명대학교 대학원 논문. 1991.
7. 강수희 : 유기용제 근로노동자의 후천성 색각

- 이상에 대한 정성적, 정량적 평가. 계명대학교 대학원 논문. 1996.
8. 노동부: 작업환경측정 실시 규정. 노동부 고시 제 95-25호. 1995.
 9. 노동부: 제 24회 노동통계연감. 1994.
 10. 정광호: 그라비아 인쇄공장의 작업환경실태 및 유기용제 폭로에 의한 건강장해. 인제대학교 대학원 논문. 1994.
 11. 한국산업안전공단: 업종별 작업환경관리기법, 한국산업안전관리공단. 1991.
 12. 조규상: 산업보건학. 수문사. 1991.
 13. 백남원: 작업환경측정관리. 신광출판사. 1997.
 14. 백남원: 작업환경측정 및 평가. 신광출판사. 1997.
 15. 김광종의 6인: 산업위생관리. 신광출판사. 1994.