한국산업위생학회지 제 3 권 제 1 호
Korean Ind. Hyg. Assoc. J
Vol. 3, No. 1, May, 1993

PVC압출공정의 염화비닐 발생특성과 작업환경개선에 관한 사례연구

한국산업안전공단 산업보건연구원

박 동 욱

— **Abstract** —

A Case Study on the Release Characteristic and Removal Efficiency of Vinyl Chloride in the Poly Vinyl Chloride Extrusion Process

Dong Uk, Park

Industrial Health Research Institute, Korea Industrial Safety Co.

This study was carried out to investigate characteristic of vinyl chloride emissioned from poly vinyl chloride extrusion process and to evaluate the efficiency of local exhaust ventilation system. Before local ventilation facility was constructed in poly vinyl chloride extrusion process, the average worker exposure to vinyl chloride was 3.15 ppm, which exceeded Threshold Limit Value of American Conference of Gorvernmental Industrial Hygienists (ACGIH-TLV), 1 ppm. It is possible that vinyl chloride residues in the poly vinyl chloride resin was released or degased due to extrusion heat. The larger the width of vinyl tube become, the higher worker exposure to vinyl chloride was. It is estimated that vinyl chloride from vinyl chloride resin increased as amount of poly vinyl chloride resin extruded in the extrusion process increased. Canopy hood was an appropriate type for poly vinyl chloride resin extrusion process. This local exhaust ventilation has fan static pressure of 7.65 inch wg (190 mmH_2O), total volumetric flowlate of 4,796 CFM (135.8 m^3/min) and fan power requirement of 12 hp (8.952 Kw). After this local exhaust ventilation was constructed there, the average concentration of worker exposure to vinyl chloride was reduced to be 0.46 ppm, which was below the Threshold Limit Value, 1 ppm. Also, the removal efficiency rate of vinyl chloride attained by local exhaust ventilation was 85.3%. It was a statistically significant ($p<0.01$).

Key Words : poly vinyl chloride, vinyl chloride, local exhaust ventilation

Ⅰ. 서 론

유기합성중합체(organic synthetic polymer)는 일반적으로 인체에 대한 독성학적 영향이 작거나 거의 없는 것으로 알려져 있으나 이러한 단순한 특성과는 별도로 산업위행 및 독성학 측면에서는 매우 중요하게 고려해야 할 문제점이 있다. 유기합성 중합체내에 활성인 형태로 잔류된 단량체(monomer), 중합반응시 발생되는 단량체 및 부가물질, 수지의 포장공정에서 발생되는 수지 분진 및 휘발성 방출물, 수지제품의 열분해산물 등은 인체에 해로운 것으로 보고된 바 있다(Montgomery, 1982). 여러 유기합성 중합체중 PVC (Poly Vinyl Chloride, PVC)는 세계적으로 그 생산량 및 사용량이 많고 우리 생활주변과 각종산업에 폭 넓게 공급되고 있다.

PVC 수지를 원료로 가공되는 플라스틱 제품은 다른 수지 제품에 비해 안정성, 투명성, 경제성이 매우 뛰어나며 전선피복, 호스, 필림, 건축자재, 비닐튜브, 생활용품, 전자제품, 각종 포장재에 이르기까지 우리생활 전분야에 걸쳐 널리 사용되고 있다. 외국의 경우 1927년에 PVC가 산업계에 도입된 이래로 PVC 생산공장에서 염화비닐(Vinyl Chloride Monomer, VCM)에 대한 관리는 1971년 이전까지는 폭발한계의 안정성에 준하여 허용농도는 500 ppm으로 관리해 오다가 지단골용해증(acreeosteolysis)과 발암특성이 동물실험과 염화비닐 취급 근로자에게서 발생되자 50 ppm으로 규정 관리하기에 이르렀다(Gottesman, 1988).

문제의 심각성은 여기에 그치지 않고 미국국립산업안전보건연구원(Nationnal Institute for Occupational Safety and Health, NISOH)이 1974년 1월 22일 미국 BF Godrich회사의 염화비닐 탱크 청소 작업자에게서 간암인 간혈관육종(liver angiosarcoma)을 발견한 바 있다. 이 후 청문회를 통해 미국 노동성 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)가 1974년 10월 5일 염화비닐 허용농도를 1 ppm으로 규정하고 현재까지 관리하고 있다(EVC, 1989 ; Gottesman등, 1988 ; OSHA, 1990). 간혈관육종등록소(Registry of Angiosarcoma Cases)의 보고에 의하면 1988년까지 간혈관육종이 전세계적으로 138명이 발생하여 35명이 사망한 것으로 이미 보고된 바 있다(EVC, 1989). 염화비닐의 직업적 폭로가 간혈관육종을 야기하는 원인인자라는 사실이 여러 역학연구에서 이미 밝혀진 바 있고 최근에는 다른 여러 조직(피부, 폐, 췌장, 결장, 갑상선 등)에도 암을 유발한다는 역학연구 가설들이 보고 되고 있다(Wagner, 1983 ; Heldaas 등, 1984 ; Heldaas 등, 1986 ; Smulevich 등, 1988).

우리나라의 경우 PVC 수지의 생산은 2개사 5개 공장에서 담당하고 있으며 4개소는 1960－1970년대에 설립된 오래된 공장으로 수지 중합공정이 재래식기법에 의해 가동되고 있다(석유화학, 1983).

특히 PVC 수지를 원료로 각종 플라스틱 제품을 가공하는 업체는 대부분 규모가 적은 영세사업장으로서 압출공정에서 발생되는 단량체를 포함한 유해인자의 발생 특성을 알고 있지 못해 작업환경관리에 문제점을 내포하고 있다. 또한 압출공정에 국소배기시설을 설치했다 해도 공정특성 및 작업방법 등의 산업위생학적인 설계인자를 무시한 설계의 전문성 결여로 그 효율성은 매우 미흡하다.

따라서 본 연구는 PVC 수지를 압출하여 비닐튜브를 생산하는 한 사업장을 대상으로 압출공정의 염화비닐 발생 특성을 규명하는 한편 제품관리를 위해 비닐튜브의 압출특성을 유지하면서 발생되는 염화비닐을 효율적으로 제거할 수 있는 국소배기장치를 설계하여 시공케한 후 그 개선효과를 평가하였다.

각종 수지를 압출하는 공정에서 근로자 작업방법 및 공정등 산업위생학적 특성을 고려한 적정 설계인자는 동종업종의 국소배기장치의 설계에 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 PVC를 포함한 각종 합성수지를 압출가공하는 업체에 대하여 근로자 보건관리를 위한 단량체관리방안과 역학연구에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

Ⅱ. 대상 및 방법

1. 대상 및 기간

본 연구대상은 PVC 수지를 압출하여 염화비닐 튜브를 생산하는 100명 규모의 M사를 대상으로 1990년 6월 22일부터 1991년 10월까지 수행하여. 압출 공정의 염화비닐농도 측정과 공정특성에 따른 국소배기장치를 설계한 후 시공케 하여 개선 효과를 평가하였다.

2. 방 법

압출공정 근로자를 대상으로 개인시료채취기(Model : PRO-Lite 479680, MSA)에 활성탄관(coconut charcoal tube)을 연결하여 염화비닐 가스를 흡착 채취하였다. 채취 유속은 0.05 Lpm 이하로 하였으며 총 채취량은 5 L가 넘지 않게 하고 연속적으로 활성탄관을 교체하면서 6시간 이상 채취하였다.

시료의 전처리는 활성탄관의 앞층(100 mg)과 뒤층(50 mg)을 분리하고 각각 이황화탄소(GR급) 1 ml을 넣어 30분 정도 빈번한 교반으로 탈착(desorption)한 후 신속히 분석하였다.

표준 용액은 염화비닐 가스(99.99% : 한양화학 제조) 1 ml을 이황화탄소 10 ml에 용해시켜 0.26 mg/ml을 만들었다. 이것은 단계별 희석으로 예상 농도를 포함하게 제조하고 탈착효율 검정에도 이용하였다.

분석은 Gas Chromatography(Model Hewlett Packard사 5890A)로 미국 국립산업안전보건연구원 공정시험법(Method : 1007)을 이용하였다.

Ⅲ. 조사결과 및 고찰

1. 압출공정의 염화비닐측정 및 발생특성

압출공정에서의 비닐 튜브의 폭별 근로자 염화비닐 폭로농도의 측정결과는 표 1에 제시되어 있다. 염화비닐의 평균 농도는 3.15 ppm이고 범위는 0.72−5.49 ppm으로 산업안전보건법상에서는 규정하고 있는 허용농도인 1 ppm을 5배까지 초과하고 있다. 비닐튜브의 폭별로 염화비닐의 폭로농도를 살펴 보면 비닐튜브의 폭이 7.5 mm인 경우 1.45 ppm, 15 mm는 2.46 ppm 그리고 100 mm인 경우는 4.55 ppm으로 나타났다. 이것은 폭이 큰 비닐튜브를 압출하는 압출기 담당 근로자 일수록 염화비닐폭로농도가 높은 것으로 조사되었다.

PVC 수지의 압출공정에서 발생되는 염화비닐은 PVC 수지의 제조시 미반응 및 회수되지 않은 채로 수지의 공극부위(porous)에 끼워져 있거나(encapsuled) 잔류된(residued) 상태로 존재하다 압출공정의 일정 압출온도에 따라 탈기된 때문이다(Wagner, 1983).

압출공정에서 PVC수지 압출시 die의 온도는 압출흐름 및 제품의 광택도를 결정하는 중요한 요인이며 160−220℃에서 압출이 이루어진다. 190℃ 이상의 고온압출시 PVC 수지로부터 탈염소방지를 위한 안정제를 투입함으로써 염화수소의 발생이 억제되고 있으나 적정 배합비가 맞지 않을 경우 PVC의 이웃하는 H와 Cl가 Unzipping 과정에 의해 결합되어 HCl이 발생되는 경우가 있으나 극히 미량이다.

우리나라에서 PVC 수지를 생산하여 가공업체에 공급하는 3개 PVC 중합공장을 대상으로 PVC 수지내 잔류 염화비닐농도를 조사해 본 결과 무독 용기용 PVC 수지는 10 ppm 이하로 매우 낮았지만 일반 제품용은 50 ppm에서 1000 ppm 이상까지 그 잔류농도의 분포가 매우 넓다. 이것은 PVC 수지를 생산하는 염화비닐중합공정(poly-

Table 1. Worker Exposure to Vinyl Chloride by Tube Width in the Extrusion Process without Local Exhaust Ventilation

Tube Width (mm)	Airborne Vinyl Chloride Concentration (ppm)		
	Sample NO	Range	Neam±SD
7.5	5	0.72−2.01	1.45±0.28
15	6	2.11−3.11	2.46±0.19
30	6	2.00−3.21	2.85±0.40
50	4	2.82−4.12	3.45±0.36
70	5	2.92−3.94	3.41±0.60
90	5	3.60−4.38	3.92±0.48
100	5	4.01−5.49	4.55±0.91
Total	36	0.72−5.49	3.15±1.07

Table 2. Calculation Formula for Design of Local Exhaust Ventilation

Design Variable	Formula
Q (Exhaust Air Flow)	1.4 PDV
SP (Hood Static Pressue)	$(1.0+F_h)VP$
H_f (Friction Factor)	$0.0307\frac{V^{0.533}}{Q^{0.612}}$
Q_c (Corrected Volumetric Flowlate)	$Q_{design}\sqrt{SP_{high}/SP_{low}}$
VP_r (Resultant Velocity Pressure)	$\frac{Q_1+Q_2}{4005\,(A_1+A_2}{}^2$
FSP (Fan Static Pressure)	SP_{outlet}-SP_{inlet}-VP_{inlet}

P : Perimeter for Vinyl Chloride Emission Source

D : Distance from Hood face to Farthest Point of Vinyl Chloride Release

V : Capture Velocity.

F_h : Duct Entry Loss Factor

merization)의 특성에 따른 원인으로 중합방법, 탈염화비닐공정(stripping) 등의 기술 및 시설의 노후정도에 따라 염화비닐의 잔료농도는 차이가 있다(EVC, 1989).

본 연구에서도 비닐튜브의 폭별로 압출하는 압출기 근로자의 염화비닐폭로 농도와의 상관관계를 분석해본 결과 통계적으로 밀접한 상관정도를 보이고 있다($p<0.01$). 이것은 비닐튜브의 폭이 클수록 압출되는 수지량이 많고 여기에 잔류된 염화비닐의 양도 많기 때문에 이것이 공기중으로 방출되어 공기중 염화비닐의 농도도 높게 나타난 것으로 판단된다(그림 1참조).

2. 국소배기장치설계

압출공정에 적절한 후드의 형태 및 크기를 결정하기 위하여 오염원의 크기 및 발생 유해 인자의 특성을 조사했다. 압출의 세부공정은 압출기의 금형에서 일정온도(160−220℃)별로 압출한 후 공냉(air cooling)과 수냉(water cooling)으로 마감한다.

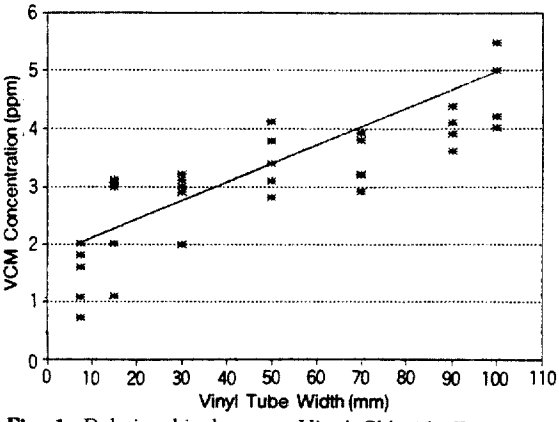

Fig. 1. Relationship between Vinyl Chloride Emissioned from Extrusion Process and Vinyl Tube Width.

염화비닐의 발생범위는 수냉이 시작되기 전까지 이며 공냉유속은 압출기에 610.23 fpm(3.1 m/sec) 수냉전 39.37 fpm(0.2 m/sec) 그리고 공냉거리는 0.66 ft(0.2 m)이다. 염화비닐의 발생원은 수냉이 시작되기전까지 약 0.66 ft에 해당되는 둘레로써 1.72ft(0.5 m)가 된다. 본 국소배기장치의 설계에 이용한 주요공식은 표 2와 같다. 압출공정 및 작업방법에 따라 적합한 후드의 형태는 그림 2와 같은 캐노피형이며 후드마다 필요한 최소소요풍량(minimum exhaust volume, CFM)은 309CFM(8.4 m^3/min)이다. 국소배기장치설계는 Loeffler의 속도압방법(velocity pressure method)에 따라 계산하였다(Loeffler, 1980 ; ACGIH, 1988). 표 3에 제시한 계산 쉬트는 Guffey가 연구한 "An Easier Calculation System"으로써 보다 간편한 국소배기장치설계에 활용할 수 있는 장점이 있어 본 설계의 계산시트로 이용하였다(Guffey, 1983). 직관의 마찰손실계수(f'd)는 Guffey가 제시한 속도압계수표(velocity pressure coefficient)도 참고하였다(Guffey, 1983). 이 표는 차트(psychrometric chart)나 계산에 의하지 않고 닥트직경과 반송속도를 알면 쉽게 구할 수 있는 장점이 있다.

14대의 압출기에 설치한 각각의 후드와 지관(multiple hoods and branches)에 대한 송풍유량의 교정은 "Balance by Design Method"를 이용하였다. 즉 정압의 비(SP_{high}/SP_{low})가 1.2이상이면 정압을 높이기 위해서 정압이 낮은 닥트의 크기를 재설계하여(닥트크기를 적게하여) 1.2이하로 되게 한 후 송풍유량을 교정하였다.

지관의 합류(combined branches)에 의해 야기되는 속도압(resultant velocity ; VPr)에 따른 보정은 합류된 주관의 속도압보다 작은 경우 그 차이($VP-VP_r=SP_0$)를 교정해 주었다.

위 과정을 통해 설계된 PVC 압출공정의 국소배기장치의 사양을 보면 장치전체의 총 소요풍량

(Q)은 4,796 CFM(135.8 m^3/min), 휀에 부하되는 정압은 7.51 inch Wg(190 mmH_2O), 배출구 속도압은 0.14 inch Wg(3.556 mmH_2O)로써 송풍기 소요동력은 12 hp(8.952 mmH_2O)이다.

PVC수지 압출공정에 설치된 국소배기장치의 계통도는 그림 3와 같다.

3. 국소배기장치 설치효과

PVC 압출공정의 염화비닐 제거를 위한 캐노피형 국소배기장치를 설치한 후 비닐튜브의 폭별 근로자 염화비닐 폭로농도의 측정결과는 표 4에 제시되어 있다. 압출공정의 국소배기장치 설치 후의 비닐튜브의 폭별 염화비닐 농도는 폭이 7.5 mm인 경우 0.28 ppm, 15 mm는 0.19 ppm 그리고 100 mm인 경우는 0.91 ppm으로 허용농도인 1 ppm 이하로 조사되었다. 그러나 염화비닐 발생 전체 범위를 보면 0.1−1.20 ppm으로 허용농도 1 ppm을 초과하는 경우가 있다. 이는 작업자들이

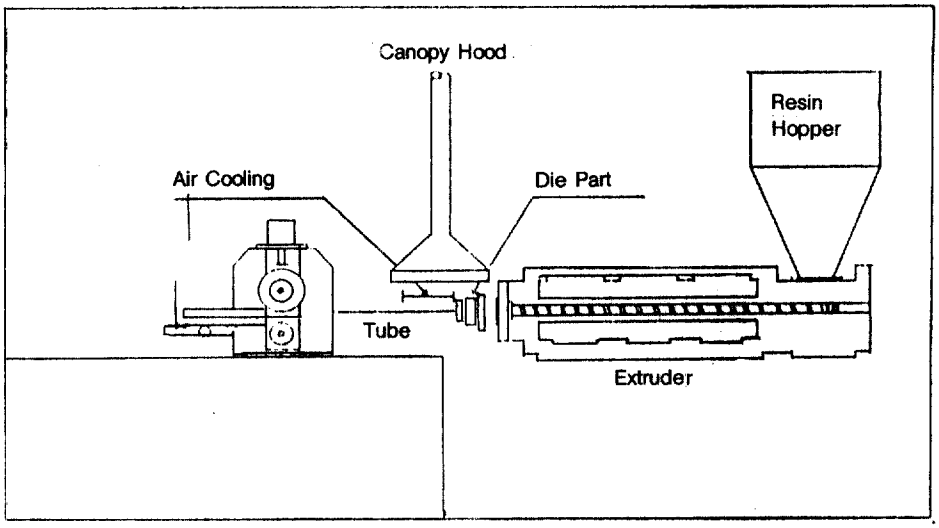

Fig. 2. Canopy Hood Constructed over Extruder in the Polyvinylchloride Resin Extrusion Process.

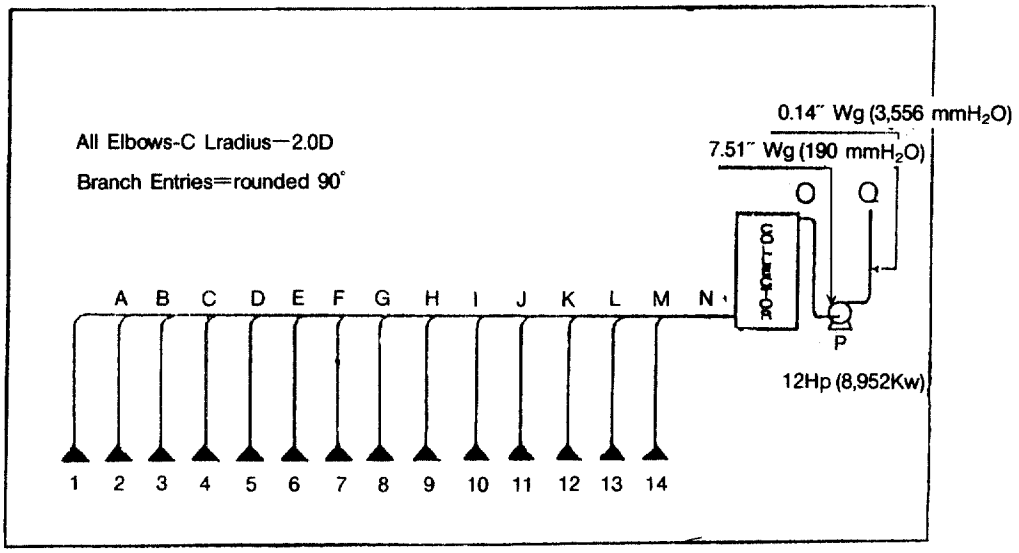

Fig. 3. Diagram of Local Exhaust Ventilation for Polyvinylchloride Resin Extrusion Process.

Table 3. Velocity Pressure Method Calculation Sheet

No	Dia	Area	Flow	Corr	Transport	Velocity	Str	Elbow	Str	Str	Elbow	Entry	Hood	Total			Other	Branch	Main	Junct
Run	D	A	Q	Q_C	V_T	V	L	N_{EL}	fo	CF+	CF+	CF+	$1+F_H$=	CF×	VPd=	SP_{CF}	SP_O	SP_{Br}	SPM	SP
1-A	6	0.1963	309		1,575	1,574	11.5	1	4.5	0.518	0.27		1+0.25	2.038	0.15	0.31			−0.31	−0.41
2-A	6	0.1963	309	327	1,575	1,574	5	1	4.5	0.225	0.27	1	1+0.25	2.754	0.15	0.41		0.19	−0.41	−0.46
1-A	5.5	0.1650	309		1.575	1,872	11.5	1	5.1	0.587	0.27		1+0.25	2.107	0.22	0.46				
A-B	8.5	0.3941	636		1,575	1,614	6.6		3.0	0.199				0.199	0.16	0.03			−0.49	
3-B	6	0.1963	309	338	1,575	1,574	5	1	4.5	0.225	0.27	1	1+0.25	0.15	0.41			0.16	−0.41	−0.49
B-C	10.5	0.6013	974	1.066	1,575	1,620	6.6		2.3	0.154				0.154	0.16	0.02		0.17	−0.51	−0.61
4-C	5.5	0.1650	309		1,575	1,872	5	1	5.1	0.255	0.27	1	1+0.25	2.775	0.22	0.61			−0.61	
C-D	12	0.7854	1,375		1,575	1,750	6.6		1.91	0.126				0.126	0.19	0.02	0.02		−0.65	
5-D	6	0.1963	309		1,575	1,574	5	1	4.5	0.255	0.27	1	1+0.25	2.745	0.15	0.41				
5-D★	5.5	0.1650	309	319	1,575	1,872	5	1	5.1	0.255	0.27	1	1+0.25	2.775	0.22	0.61		0.19	−0.61	0.65
D-E	14	1.069	1,694		1,575	1,585	6.6		1.58	0.104				0.104	0.16	0.02			−0.67	
6-E	5.5	0.1650	309	324	1,575	1,872	5	1	5.1	0.255	0.27	1	1+0.25	2.775	0.22	0.61		0.16	−0.61	−0.67
E-F	15	1.2272	2,018		1,575	1,644	6.6		1.51	0.100				0.100	0.17	0.02	0.01		−0.70	
7-F	5.5	0.1650	309	331	1,575	1,872	5	1	5.1	0.255	0.27	1	1+0.25	2.775	0.22	0.61		0.18	−0.61	−0.70
F-G	16	1.3963	2,349		1,575	1,682	6.6		1.34	0.090				0.090	0.18	0.02			−0.72	
8-G	5.5	0.1650	309	336	1,575	1,872	5	1	5.1	0.255	0.27	1	1+0.25	2.775	0.22	0.61		0.18	−0.61	−0.72
G-H	17	1.5763	2,685	2,924	1,575	1,703	6.6		1.3	0.086				0.086	0.18	0.02		0.22	−0.74	−0.89
9-H	5	0.1364	309		1,575	2,265	5	1	5.6	0.280	0.27	1	1+0.25	2.80	0.32	0.89			−0.89	
H-I	19	1.9689	3.233		1,575	1,642	6.6		1.13	0.074				0.074	0.17	0.01			−0.90	
10-I	5	0.1364	309	310	1,575	2,265	5	1	5.6	0.280	0.27	1	1+0.25	2.80	0.32	0.89		0.18	−0.89	−0.90
I-J	20	2.1820	3,543		1,575	1,642	6.6		1.02	0.067				0.67	0.16	0.01			−0.91	
11-J	5	0.1364	309	311	1,575	2,265	5	1	5.6	0.280	0.27	1	1+0.25	2.80	0.32	0.90			−0.90	−0.91
J-K	21	2.4053	3,854		1,575	1,062	6.6		1.00	0.066				0.066	0.16	0.01			−0.92	
12-K	5	0.1364	309	312	1,575	2,265	5	1	5.6	0.280	0.27	1	1+0.25	2.80	0.32	0.90		0.17	−0.90	−0.92
K-L	22	2.640	4,166		1,575	1,578	6.6		0.91	0.060				0.060	0.16	0.01			−0.93	
13-D	5	0.1464	309	314	1,575	2,265	5	1	5.6	0.280	0.27	1	1+0.25	2.80	0.32	0.90		0.16	−0.90	−0.93
L-M	23	2.8852	4,480		1,575	1,553	6.6		0.90	0.059				0.059	0.15	0.01			−0.94	
14-M	5	0.1364	309	316	1,575	2,265	5	1	5.6	0.280	0.27	1	1+0.25	2.80	0.32	0.90		0.16	−0.90	−0.94
M-N	24	3.1416	4,796		1,575	1,523	10		0.82	0.082	1			1.082	0.14	0.15			−1.09	
	CO	LLEC	TOR													6.0			−7.09	
O-P	24	3.1416	4,796		1,575	1,523	20	2	0.32	0.164	2			2.164	0.14	0.30			−7.39	
P-Q	24	3.1416	4,796		1,575	1,523	16	1	0.82	0.131	1			1.131	0.14	0.16			+0.16	

Table 4. Worker Exposure to Vinyl Chloride by Tube Width in the Extrusion Proscess with Local Exhaust Ventilation

Tube Width	Airborne Vinyl Chloride Concentration (ppm)			CV(%)
(mm)	Sample NO	Range	Neam±SD	
7.5	4	0.25−0.31	0.28±0.03	10.70
15	3	0.15−0.22	0.19±0.04	21.05
30	6	0.23−0.49	0.38±0.10	26.09
50	4	0.19−0.50	0.36±0.14	38.26
70	4	0.49−0.12	0.68±0.22	31.71
90	3	0.46−0.51	0.48±0.03	5.51
100	4	0.59−1.20	0.91±0.27	26.71
Total	32	0.15−1.20	0.47±0.20	26.71

압출기 수리와 기계의 점검 그리고 압출되는 튜브의 품질교정시 캐노피 후드 내로 들어가 작업을 하는 경우가 있는데 이러한 요인이 염화비닐 폭로증가를 초래하는 요인으로 작용한다. 압출공정에서 국소배기장치의 설치 전후의 염화비닐 농도를 비교하여 보면 설치이전 염화비닐 평균농도는 3.15 ppm으로서 허용농도를 3배 이상 초과하고 있었으나 설치 후의 평균농도는 0.47 ppm으로 t검정 결과 87.3 %의 개선효과를 보인 것으로 나타났다($p<0.01$)(그림 4참조).

각종 프라스틱 제품의 원료인 합성수지(synthe-

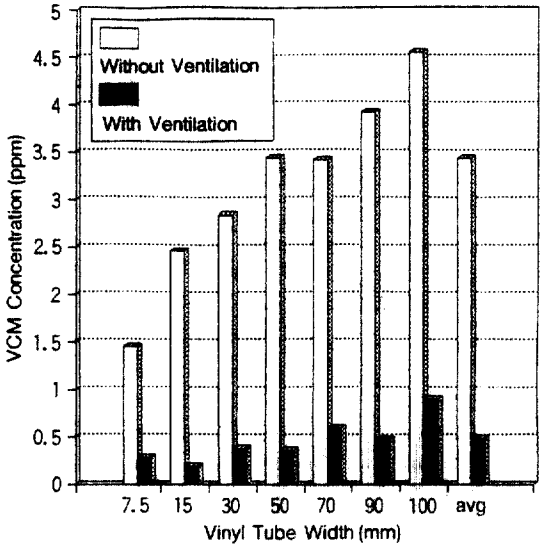

Fig. 4. Comparision of Vinyl Chloride Concentration for Extrusion Process between with Ventilation and without Ventilation.

tic resin)를 압출하는 공정을 평가할때 발생되는 가스의 특성 및 성분을 모르는 경우가 많다. 이러한 경우 합성중합체 수지의 원료인 단량체(monomer)를 주된 유해인자로 생각해야 한다. 예를 들면 PVC 수지는 염화비닐, PS(polystyrene)수지는 Styrene, ABS(acrylonitrile-butadiene-styrene) 수지는 acrylonitrile, styrene 그리고 PA(polyacrylonitrile) 수지는 acrylonitrile이 잔류되어 있다. 이것은 이미 고찰한 바와 같이 수지내에 단량체로서 함입되어 잔류되어 있어 혼합과정과 일정 온도에서 압출될 때 기중으로 탈기된다. 각종 합성수지를 압출하여 PVC 제품을 포함한 각종 수지를 가공하는 중소영세기업은 이와같은 단량체의 잔류 및 발생특성을 알지 못하기 때문에 적절한 작업환경 측정 및 근로자의 보건관리가 이루어지지 않고 있는 실정이었다. 각종 수지내에 잔류된 유해성이 큰 단량체에 대한 근원적인 안정성 확보를 위해서는 PVC 수지제조과정에서의 단량체에 대한 잔류 허용농도를 설정하여 수지 중합공정에서 단량체의 철저한 회수(recovery)를 위한 기술적, 경제적, 관리적 대책을 마련토록 해야 한다. 또한 합성수지를 원료로 각종 플라스틱 제품을 제조하는 업종의 압출공정에서는 발생되는 유해 단량체의 수준을 정확히 측정 평가하고 이를 제거하기 위한 적정한 국소배기 장치의 설치는 반드시 필요하다고 판단된다.

Ⅳ. 결 론

본 연구조사는 PVC 수지를 압출하는 공정을 대상으로 염화비닐 발생특성과 이의 제거를 위한 국소배기장치의 개선효과를 조사 연구 하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 국소배기장치를 설치하기전 압출공정의 근로자에 대한 염화비닐 평균폭로농도는 3.15 ppm으로 허용농도 1 ppm을 초과하고 있다. 이것은 PVC 수지내에 잔류된 염화비닐이 일정 압출온도에 따라 탈기되어 발생된 때문인 것으로 판단된다.

2. 압출가공되는 비닐튜브의 폭이 클수록 근로자 염화비닐 폭로농도가 높은 것으로 나타났다($r=0.83$, $p<0.01$). 이와 같은 특성은 압출되는 PVC 수지 사용량이 많을수록 잔류된 염화 비닐의 농도는 높고 발생량이 비례하여 증가하기 때문이다.

3. 압출공정의 적정한 국소배기장치의 형태는 캐노피형으로 장치전체의 압력손실은 7.65 inch Wg(190 mmH_2O), 필요송풍량은 4,796 CFM (135.8 m^3/min)으로써 가동을 위한 송풍기 동력은 12 hp(8,952 Kw)으로 설계 시공되었다.

4. 압출공정에 국소배기장치설치후 근로자의 염화비닐에 대한 평균 폭로농도는 0.46 ppm으로 허용농도 1 ppm 이하였고 국소배기장치 설치 전과 비교할때 t검정 결과 85.3 %의 개선효과를 나타냈다($p<0.01$).

참 고 문 헌

Montgomery, R.R.: *Polymers, Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. Vol 2C. 2nd edition. 1985 : 4209-4027.*

European Vinyls Corporation (EVC): *Poly Vinyl Chloride its production and Use. 1989 : 241-390.*

ACGLH: *TLVs Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices for 1992-1993, ACGIH, Cincinnati, Oh,*

1992.

Gottesman, R.T : *Environmental and Regulatory impacts on Future Poly Vinyl Chloride Growth presentation for The Vinyl Chloride Safety Association Meeting San Francisco, Califonia. Vinyl Institute. 1988 : NJ.*

OSHA : *Code of Federal Regulations, 1990 : part 1910, 1017.*

Heldaas, S.S., A.A. Anderson, and S. Langard : *Incidence of Cancer among Vinyl Chloride and polyvinyl Worker : Further evidence for an association with malignant melanoma. Br. J. Ind. Med. 1986 : 278–280.*

Smulevich, V.B., I.V. Fedotova. and V.S. Filatova : *Increasing Evidence of the Rise of Cancer in Workers Exposed to Vinyl Chloride, Br. J. Ind. med. 1988 ; 45 : 93–97.*

Heldass, S.S. : *Incidence of Cancer among Vinyl Chloride and Poly Vinyl Chloride Workers. Br. J. Ind. Med. 1984 ; 41 : 25–30.*

석유화학 : 우리나라의 합성수지 생산 현황. 1991;31 : 81−86. 132−133.

NIOSH : *Manual of Analytical methods 3rd ed., Wasington, D.C., DHHS (NIOSH) Publication., 1989, 84–100.*

ACGIH : *Industrial Vemtilation A Manual of Recommended Practice, 20th ed., 1988 ; Chapter 1, 5, Cincinnaiti, Ohio 45211 USA.*

Wagoner, J.K : *Toxicity of Vinyl Chloride and Poly Vinyl Chloride : A Critical Review. Env. Hea. Per. 1983 ; 52 : 61–66.*

Guffey, S.E. : *An Easier Calculation system for Ventilation Design, Am. Ind. Hyg. Asso. J. 1983 ; 44 : 627–630.*