

석사학위논문

오프셋 인쇄공정 작업자의 정상작업과
뒷정리작업별 톨루엔 노출특성과
일간변이에 관한 연구

2017년

한성대학교 대학원
기계시스템공학과
산업위생공학전공
강 덕 진

석사학위논문
지도교수 박두용

옵셋 인쇄공정 작업자의 정상작업과
뒷정리작업별 톨루엔 노출특성과
일간변이에 관한 연구

Characteristics of Exposure and Daily Variations of Toluene
and IPA during the Normal Printing Process and After-shift
Cleaning Process in an Off-Set Printing Shop

2017년 6월 일

한성대학교 대학원
기계시스템공학과
산업위생공학전공
강 덕 진

석사학위논문
지도교수 박두용

옵셋 인쇄공정 작업자의 정상작업과
뒷정리작업별 톨루엔 노출특성과
일간변이에 관한 연구

Characteristics of Exposure and Daily Variations of Toluene
and IPA during the Normal Printing Process and After-shift
Cleaning Process in an Off-Set Printing Shop

위 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함

2017년 6월 일

한성대학교 대학원
기계시스템공학과
산업위생공학전공
강 덕 진

강 덕 진의 공학 석사학위논문을 인준함

2017 년 6 월 일

심 사 위 원 주창익 (인)

심 사 위 원 유원환 (인)

심 사 위 원 박두봉 (인)

국 문 초 록

옅셋 인쇄공정 작업자의 정상작업과 뒷정리작업별 톨루엔 노출특성과 일간변이에 관한 연구

한성대학교 대학원
기계시스템공학과
산업위생공학전공
강 덕 진

본 연구는 2016년 12월 23일부터 30일 사이에 6일, 그리고 2017년 1월 2일부터 12일사이에 7일 등 총 13일간 광주광역시에 소재한 소규모 옅셋 인쇄 공장에서 인쇄작업을 하는 동안과 인쇄 종료 후 인쇄기판을 닦아 내는 마무리 닦음작업을 하는 동안 주로 노출되는 톨루엔과 이소프로필 알코올을 측정하였다.

옅셋 인쇄 공정에서 1일 평균작업시간은 490분이었다. 톨루엔 1일 노출농도는 98.2 ± 21.1 ppm으로 우리나라 노출기준(50 ppm)을 약 2배, 미국 ACGIH의 TLV(20 ppm)의 약 5배 초과하는 것으로 나타났다. 인쇄 작업만을 따로 측정한 4개의 시료의 평균은 89.8 ± 18.0 ppm이었다. 마무리 닦음작업을 하는 시간은 26 ± 12.3 분이었고 톨루엔 노출농도는 453.3 ± 313.9 ppm이었다. 옅셋 인쇄공정에서 인쇄작업과 마무리 닦음작업을 하는 동안의 톨루엔 농도와 노출시간을 곱한 노출량(dose)을 산출하여 비교한 결과, 마무리 닦음작업의 노출량은 인쇄작업시의 34%에 이르는 것으로 나타났다. 옅셋 인쇄 공정에서 이소프로필 알코올의 1일 노출평균은 73.4 ± 47.7 ppm이었으며, 마무리 닦음작업은 309.2 ± 381.4 ppm이었다. 인쇄작업을 하는 동안의 이소프로필 알코올 농도는 실측한 4일 동안은

34.3±15.1 ppm이었고, 그 외 1일간 측정치와 마물 닦음 작업의 측정치로부터 추정된 것을 모두 포함한 13일 동안의 노출농도는 61.2±30.8 ppm 인 것으로 나타났다. 읍셋 인쇄공정에서 마무리 닦음작업의 이소프로필 알코올의 노출량(dose)은 인쇄작업시 노출량의 22%인 것으로 나타났다.

스티커 인쇄 공정의 톨루엔 노출농도는 1일 평균이 23.6±10.3 ppm였고, 인쇄 작업은 22.6±10.1 ppm, 마무리 닦음작업이 42.7±24.9 ppm이었다. 스티커 인쇄공정에서 마무리 닦음작업의 노출량은 인쇄작업시 노출량의 8%정도로 나타났다. 스티커 인쇄 공정에서 측정한 이소프로필 알코올 노출농도는 1일 평균이 23.4±9.4 ppm, 인쇄 작업시가 22.7±8.9 ppm, 마무리 닦음작업은 74.2±102.0 ppm이었다. 스티커 마무리 닦음작업에서의 이소프로필 알코올 노출량은 인쇄작업시 노출량의 12%정도로 나타났다.

【주요어】 톨루엔, 이소프로필 알코올, 읍셋 인쇄, 마무리 닦음작업,

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경 및 목적	1
제 2 장 연구대상 및 방법	3
제 1 절 대상 공정	3
제 2 절 측정 물질	4
제 3 절 측정위치	5
제 4 절 측정기구	6
제 5 절 측정 방법	6
제 6 절 분석 방법	7
제 7 절 확산포집기 농도계산법	8
제 3 장 연구 결과	9
제 1 절 읍셋 인쇄 사업장의 톨루엔, 이소프로필 알코올의 노출농도	9
1) 읍셋 인쇄 공정의 톨루엔, 이소프로필 알코올의 노출농도	9
2) 스티커 인쇄 공정의 단위 작업별 톨루엔, 이소프로필 알코올의 측정 결과	19
제 2 절 읍셋 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닦음 작업닦음작업 시간의 톨루엔, 이소프로필 알코올 노출량(Dose) 비교 평가	26
제 3 절 스티커 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닦음 작업닦음작업 시간의 톨루엔, 이소프로필 알코올 노출량(Dose) 비교 평가 ..	33

제 4 절 읍셋 인쇄 공정과 스티커 인쇄 공정의 전체 작업시 톨루엔, 이소프로필 알코올 노출량(Dose) 비교 평가	40
제 5 절 읍셋 및 스티커 인쇄 공정에서 단위 작업 시간당 톨루엔, 이소프로필 알코올 노출량(Dose) 비율	45
제 6 절 연구의 신뢰성을 위한 보강 연구	48
1) 노출 가능한 유해인자의 검출 여부	49
2) 마무리 닦음 작업닦음작업과 중간 닦음 작업닦음작업 노출 평가 ...	52
제 7 절 14년도에서 16년도 읍셋 인쇄 사업장 작업환경측정 데이터 ...	53
 제 4 장 결 론	 57
 참 고 문 헌	 59
 ABSTRACT	 61

표 목 차

〈표 1〉 연구 대상 사업장 공정 개요	3
〈표 2〉 고용노동부와 ACGIH의 톨루엔 노출기준	5
〈표 3〉 고용노동부와 ACGIH의 이소프로필 알코올 노출기준	5
〈표 4〉 가스크로마토그래피의 분석조건	7
〈표 5〉 읍셋 인쇄 공정에서의 측정한 톨루엔 노출농도 측정치총괄	11
〈표 6〉 읍셋 인쇄 공정 인쇄 작업의 톨루엔 노출농도 추정을 위한 단인쇄작업과 마무리 닙음작업의 톨루엔 측정결과와 전체작업시간 동안의 위 작업의 실제 측정결과비교 농도의 신뢰성 검증	12
〈표 7〉 읍셋 인쇄 공정에서 측정한 톨루엔 노출농도 총괄	13
〈표 8〉 읍셋 인쇄 공정의 이소프로필 알코올 노출농도 측정치읍셋 인쇄 공정에서 측정한 이소프로필 알코올 노출농도 총괄	16
〈표 9〉 읍셋인쇄 공정 인쇄작업과 마무리 닙음작업의 이소프로필 알코올 측정결과와 전체작업시간 동안의 측정결과비교읍셋 인쇄 공정 인쇄 작업의 이소프로필 알코올 노출농도 추정을 위한 단위 작업의 실제 측정 농도의 신뢰성 검증	17
〈표 10〉 읍셋 인쇄 공정에서 측정한 이소프로필 알코올 노출농도 총괄 ...	18
〈표 11〉 스티커 인쇄 공정에서 측정한 톨루엔 노출농도 총괄	20
〈표 12〉 스티커 인쇄 공정 인쇄 작업의 톨루엔 노출농도 추정을 위한 단위 작업의 실제 측정 농도의 신뢰성 검증	21
〈표 13〉 스티커 인쇄 공정에서 측정한 톨루엔 노출농도 총괄	22
〈표 14〉 스티커 인쇄 공정에서 측정한 이소프로필 알코올 노출농도 총괄 ...	23
〈표 15〉 스티커 인쇄 공정 인쇄 작업의 이소프로필 알코올 노출농도 추정을 위한 단위 작업의 실제 측정 농도의 신뢰성 검증	24
〈표 16〉 스티커 인쇄 공정에서 측정한 이소프로필 알코올 노출농도 총괄 ...	25
〈표 17〉 읍셋 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닙음 작업 톨루엔 노출량 비교	27

〈표 18〉 읍셋 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닦음 작업	
이소프로필 알코올 노출량 비교	28
〈표 19〉 스티커 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닦음 작업	
톨루엔 노출량 비교	34
〈표 20〉 스티커 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닦음 작업	
이소프로필 알코올 노출량 비교	35
〈표 21〉 읍셋 인쇄 공정과 스티커 인쇄 공정에서 전체 작업 시간동안의	
톨루엔 노출량 비교	41
〈표 22〉 읍셋 인쇄 공정과 스티커 인쇄 공정에서 전체 작업 시간동안의	
이소프로필 알코올 노출량 비교	42
〈표 23〉 읍셋 인쇄 공정의 단위 작업 시간 비율과 톨루엔, 이소프로필	
알코올 노출량 기여도	46
〈표 24〉 스티커 인쇄 공정의 단위 작업 시간 비율과 톨루엔, 이소프로필	
알코올 노출량 기여도	47
〈표 25〉 노출 가능한 모든 유해인자의 읍셋 인쇄 공정 측정 결과	50
〈표 26〉 노출 가능한 모든 유해인자의 스티커 인쇄 공정 측정 결과	51
〈표 27〉 읍셋 인쇄 공정의 마무리 닦음 작업과 중간 닦음	
작업시 톨루엔 노출량의 비교	52
〈표 28〉 광주 지역 작업환경측정 데이터	54
〈표 29〉 대구 지역 작업환경측정 데이터	55
〈표 30〉 대전 지역 작업환경측정 데이터	55
〈표 31〉 안산 지역 작업환경측정 데이터	56

그 립 목 차

[그림 1] 측정 위치	5
[그림 2] 1회(본 측정) 시료채취 대상	6
[그림 3] 2회(보강 측정) 시료채취 대상.	7
[그림 4] 옅색인쇄 공정에서 인쇄작업과 마무리담음작업의 톨루엔 노출농도	14
[그림 5] 옅색 인쇄 공정 인쇄 작업과 마무리 담음 작업담음작업의 톨루엔 노출량 비교.	29
[그림 6] 옅색 인쇄 공정 인쇄 작업과 마무리 담음 작업담음작업의 이소프로필 알코올 노출량 비교.	30
[그림 7] 옅색 인쇄 공정 인쇄 작업시 톨루엔과 이소프로필 알코올 노출량 비교	31
[그림 8] 옅색 인쇄 공정 마무리 담음 작업담음작업시 톨루엔과 이소프로필 알코올 노출량 비교	32
[그림 9] 스티커 인쇄 공정 인쇄 작업과 마무리 담음 작업담음작업의 톨루엔 노출량 비교	36
[그림 10] 스티커 인쇄 공정 인쇄 작업과 마무리 담음 작업담음작업의 이소프로필 알코올 노출량 비교	37
[그림 11] 스티커 인쇄 공정 인쇄 작업시 톨루엔과 이소프로필 알코올 노출량 비교	38
[그림 12] 스티커 인쇄 공정 마무리 담음 작업담음작업시 톨루엔과 이소프로필 알코올 노출량 비교	39
[그림 13] 옅색 인쇄 공정과 스티커 인쇄 공정의 전체 작업시 톨루엔 노출량 비교	43
[그림 14] 옅색 인쇄 공정과 스티커 인쇄 공정의 전체 작업시 이소프로필 알코올 노출량 비교	44

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 목적

우리나라 산업안전보건법에 따른 작업환경측정 주기는 기본적으로 6개월에 1회이며, 측정결과에 따라 측정주기를 일부 조정하도록 하고 있다. 예를 들어 화학물질의 측정결과가 노출 기준을 2배 이상 초과(단, 발암성 물질의 경우에는 측정결과가 노출기준을 초과하는 경우)에는 3개월에 1회 이상 측정하여야 한다. 반면, 최근 1년간 작업공정의 변화 등 작업환경 측정 결과에 영향을 주는 변화가 없는 작업장으로서 측정결과가 최근 2회 연속 노출기준 미만인 경우(발암성 물질 제외)에는 1년에 1회만 측정할 수 있도록 하고 있다.

작업환경 중 유해인자의 공기 중 농도는 변이가 매우 큰 기하분포를 이루고(백남원 등, 2002), 노출 농도의 일간 변이는 작업 물량 및 작업 방법 등 당일 작업 특성에 따라 다르게 평가되는 것으로 알려져 있다.(김효진, 2016)

한정되어 있는 인력으로 수많은 사업장의 유해요인 및 노출 농도와 업무 특성 등을 파악하기 위하여 거의 모든 측정 기관의 측정기사는 하루에 한곳 이상의 사업장 예비조사 및 작업환경측정을 한다. 불가피하게 단시간에 이루어지는 예비조사 및 작업환경측정으로 한 사업장의 작업 특성 등을 정확히 판단하기 힘들며, 간혹 치명적인 고농도 유해인자 노출원을 놓치는 실수가 발생할 수 있다.

작업환경측정이 이루어지는 시간은 특이 사업장(신문사, 축산업 등)을 제외하곤 보통 9시부터 17시 전, 후로 이루어지며, 예비조사 또한 상기 사유들로 다양한 사업장의 특이성이 반영된 섬세한 조사가 이루어지지 못하고 작업 단위가 아닌 공정 단위로 측정대상 유해인자를 산정하여 측정이 이루어진다.

이처럼 사업장 작업의 다양성이 무시된 채 작업환경측정이 이루어지고 있는 여러 사례 중 한 케이스로 읍셋 인쇄 사업장의 단위 작업(마무리 닙음작업 등) 시간에서의 톨루엔 노출량을 파악하여 실제로 컨트롤 해야하는 시간대와 작업을 이 연구에서 규명하고자 한다.

읍셋 인쇄 사업장은 대부분 영세 사업장이며, 당일 작업 물량과 작업하는

제품 종류가 일정하지 않아 근로자에게 노출되는 유해인자의 노출량 또한 매일 일정하지 않다.

이 연구에선 이런 유동적 변수들을 제외하고 마무리 닦음작업을 평가에 포함시키지 않는 등 고정적으로 이루어지는 작업 중 놓치고 있는 부분에 대하여 지적을 하고자 한다.

제 2 장 연구대상 및 방법

제 1 절 대상 공정

본 연구의 연구대상은 인쇄공정에서 정상적인 작업시간과 인쇄 종료 후 인쇄기를 세척하는 마무리 공정에서의 유기용제 노출이다. 측정한 사업장은 광주광역시에 소재한 소규모 인쇄사업장으로 사업장의 개요는 <표 1>과 같다.

<표 1> 연구 대상 사업장 공정 개요

사업장명		G 인쇄 업체
공정 구분	웍셋 인쇄	스티커 인쇄
근로자 수	2명(1조:1명, 2조:1명)	2명(1조:1명, 2조:1명)
노출 유해인자	톨루엔, 이소프로필 알코올	톨루엔, 아세톤, 에틸아세테이트
담음제	톨루엔(원액)	석유(경유)

웍셋 인쇄 사업장의 크기는 8 m(L) x 5 m(W) x 3 m(H)였다. 주요 신너로 사용되는 유기용제는 톨루엔과 이소프로필 알코올이었다. 톨루엔 사용량은 월 200 L이다.

스티커 인쇄공정은 웍셋 인쇄기로부터 약 5 m 정도 떨어져 있었다. 스티커 인쇄 공정에서 사용하는 스티커 원단(점착제)에는 톨루엔, 아세톤, 에틸 아세테이트, 분진 및 금속류가 함유되어 있다. 분진 및 금속류는 유기용제와 달리 점성이 강한 스티커 형태의 고형물질로 인쇄될 때 공기 중으로 거의 비산되지 않는다.

매일 읍셋 인쇄 작업을 종료한 후에는 인쇄기 판면에 묻은 잉크를 제거하기 위하여 톨루엔 또는 톨루엔을 함유한 세척제를 거즈에 묻혀 닦아내는 작업을 한다. 대개 이 작업은 근로자 1명이 담당한다. 이 작업을 현장에서는 보통 ‘마무리 닦음작업’이라고 부르고 있었기에 본 연구에서도 이 작업을 마무리 닦음작업으로 칭하기로 한다. 마무리 닦음작업은 인쇄물량이나 상황에 따라 마무리 닦음작업시간이나 세척제 사용량이 매일매일 달라지는 등 날마다 변동이 다소 컸다.

제 2 절 측정 물질

본 연구에서는 공기 중에서 주로 검출되는 유기용제인 톨루엔과 이소프로필 알코올을 측정하였다. 스티커 원단(점착제) 내에 함유되어 있는 것으로 되어 있는 Acetone과 Ethyl Acetate도 측정하고자 3일 동안 측정했지만 검출한 계 미만으로 나타났다.

톨루엔의 노출기준은 우리나라 고용노동부의 직업적 노출기준이 8시간 시간가중평균치(Tine Weighted Average; TWA)는 50 ppm, 단시간노출기준(Short Term Exposure Limit; STEL)은 150 ppm이다. 이소프로필 알코올은 8시간 시간가중평균치(Tine Weighted Average; TWA)가 200 ppm, 단시간 노출기준(Short Term Exposure Limit; STEL)은 400 ppm이다. 미국정부산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists; ACGIH)에서는 톨루엔의 8시간 시간가중평균으로 20 ppm을 권고하고 있으며, 이소프로필 알코올의 경우 우리나라의 고용노동부와 똑같이 설정되어 있다.(〈표 2〉, 〈표 3〉).

〈표 2〉 고용노동부와 ACGIH의 톨루엔 노출기준 (ppm)

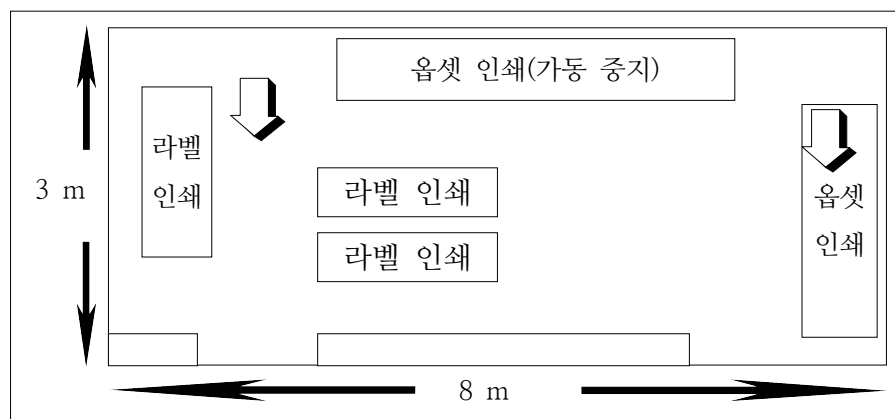
구분	TWA	STEL
우리나라 고용노동부, 2016	50	150
ACGIH-TLV; 2017	20	-

〈표 3〉 고용노동부와 ACGIH의 이소프로필 알코올 노출기준 (ppm)

구분	TWA	STEL
우리나라 고용노동부, 2016	200	400
ACGIH-TLV; 2017		

제 3 절 측정위치

톨루엔 및 이소프로필 알코올의 측정위치는 근로자의 개인노출을 측정하기 위한 개인 시료는 작업장의 호흡 위치인 목 근처였다. 측정 위치는 [그림 1]과 같이 옅은 인쇄 공정 근로자 1명, 옅은 인쇄로부터 근방(5m이내) 위치한 스티커 인쇄 공정 근로자 1명을 측정하였다.



[그림 1] 측정 위치.

제 4 절 측정기구

본 연구에 사용된 확산포집기는 수동식 시료채취기(3M OVM #3500)이었다. 수동식 시료채취기를 사용한 이유는 시료 채취가 간편하고 뱃지(badge) 형태로 가볍고 크지 않아서 2주일 이상 연속 측정을 하는데 편리했기 때문이다.

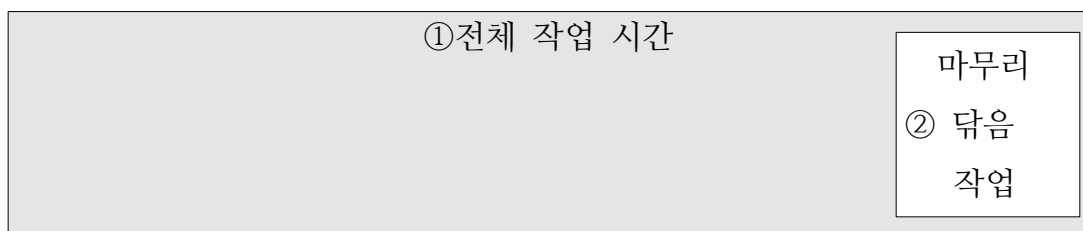
공기채취유량은 3M사에서 제시한 톨루엔값 31.4 cc/min을 적용하였다(3M Technical Data Bulletin – Organic Vapor Monitors).

제 5 절 측정 방법

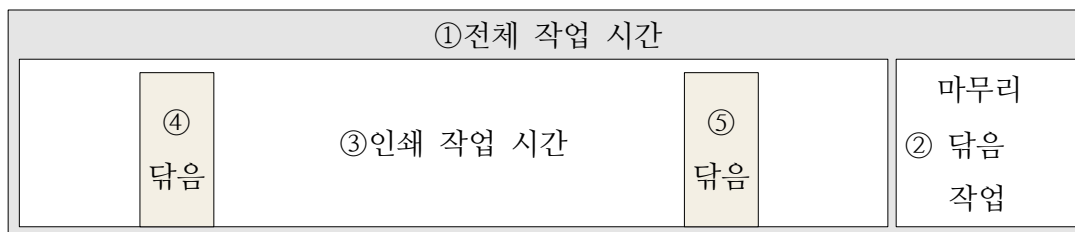
시료는 근로자가 주로 사용하는 손에 해당하는 호흡영역인 어깨의 옷깃 끝에 수동식 시료채취기를 장착하여 채취하였다. A 사업장과 B 사업장의 두 근로자 모두 오른손을 주로 사용하고 있어 오른쪽 어깨에 설치하였다.

처음 2주일간은 매일 근로자에게 시료채취기를 연구자가 직접 착용시키면서 수동식 시료채취기 사용법을 교육시킨 후, 그 다음부터는 작업자 스스로 작업 시작 시 시료채취기를 직접 착용하고 그 시간을 기록하도록 하였으며, 작업 후에는 시료채취기를 떼어낸 후 뚜껑을 닫아 냉장 보관토록 한 후 그 시간을 기록하도록 하였다.

측정은 2016년 12월 23일부터 2017년 1월 5일까지 주말을 제외한 10일간과 2017년 4월 10일부터 12일까지 3일간 이루어졌다. 처음 10일간은 작업시작부터 종료시까지 전체작업시간 동안과 마무리 닦음작업을 하는 동안 시료를 채취하였고, 두 번째 측정한 3일동안은 전체 작업시간, 인쇄작업시간 그리고 마무리 닦음작업동안 각각 시료를 채취하였다. 1회(본 측정)는 [그림 2], 2회(보강 측정)는 [그림 3]과 같다.



[그림 2] 1회(본 측정) 시료채취 대상.



[그림 3] 2회(보강 측정) 시료채취 대상.

제 6 절 분석 방법

수동식 시료채취기(3M OVM #3500)는 3M사에서 제공한 ‘Analysis Guide’를 참고로 하여 2 mL 이황화탄소(99.9%)를 주입하여 30분 동안 탈착시킨 후 불꽃이온화검출기(FID)가 부착된 가스크로마토그래피 (Gas Chromatography, CP-3800, Bruker)로 분석하였다. 분석용 컬럼은 Agilent사의 DB-WAX (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)였으며, 이동상 가스는 질소(N₂)를 사용하였다. 가스크로마토그래피의 분석 조건은 <표 4>와 같다.

<표 4> 가스크로마토그래피의 분석조건

Column.	DB-wax(30 m×0.25 mm ID×0.25 um, Agilent)
Column oven Temp.	35 °C(10min) – 120°C(10 °C/min, 3min)
Injector Temp.	230 °C (Split ratio: 110)
Detector Temp.	250 °C
Carrier gas.	N ₂ , 1.0 mL/min
Injection volume	1 μl

제 7 절 확산포집기 농도계산법

수동식 시료채취기로 포집한 공기 중 시료의 농도는 <식 1>을 이용하여 계산하였다.

$$C(ppm) = \frac{W}{r \times t} \times A \cdots \cdots \cdots \langle \text{식 1} \rangle$$

<식 1>에서 W는 분석된 화학물질의 양(mg), r은 회수율, t는 측정시간(min) 그리고 A는 3M사에서 제시한 채취 유량을 포함하여 ppm 환산에 필요한 계산 상수이다.

제 3 장 연 구 결 과

제 1 절 읍셋 인쇄 사업장의 톨루엔, 이소프로필 알코올의 노출농도

1) 읍셋 인쇄 공정의 톨루엔, 이소프로필 알코올의 노출농도

읍셋 인쇄 공정에서 노출되는 주요 유기용제는 톨루엔과 이소프로필 알코올이었다. 먼저 톨루엔의 노출농도를 측정한 결과는 <표 5>와 같다.

읍셋 인쇄 공정은 크게 ‘인쇄작업’과 인쇄작업 종료 후 인쇄기를 세척하는 ‘마무리 닦음작업’으로 구분된다. 마무리 닦음작업은 작업자가 직접 형짚에 세척제를 묻혀 인쇄기판을 닦아내는 작업이므로 유기용제 농도가 매우 높을 것으로 추정되었다. 따라서 마무리 닦음작업을 포함한 전체작업시간 동안 톨루엔 노출농도를 측정하는 한편, 마무리 닦음작업을 하는 단시간 동안의 노출농도를 별도로 측정하였다.

2016년 12월 29일에는 인쇄작업을 하는 동안 하나의 시료를 채취하였고 이후 마무리 닦음작업을 하는 동안 추가로 단시간 노출을 측정하였다. 한편 2017년 4월 10일부터 12일까지는 인쇄작업을 하는 동안과 마무리 닦음작업을 하는 동안 각각 별도로 시료를 채취하였으며, 동시에 전체 작업시간동안 시료를 채취하였다. 측정결과는 <표 5>와 같다.

읍셋 인쇄 공정에서 작업자가 1일 작업시간은 평균 490분으로 8시간 정도 작업을 하는 것으로 나타났으며, 이 작업시간 동안 노출되는 톨루엔 평균 노출농도는 산술평균은 98.2 ppm, 기하평균으로는 96.2 ppm이었다. 이것은 우리나라 노출기준 50 ppm을 약 2배 초과하는 수준이었으며, ACGIH의 TLV (20 ppm)는 5배나 초과하는 매우 높은 수준이었다.

인쇄 작업만을 따로 측정한 4개의 시료 (2016년 12월 29일, 2017년 4월 10-12일)의 산술평균이 89.8 ppm, 기하평균은 88.3 ppm으로 나타났다. 이것은 위와 같이 마무리 닦음작업까지 포함하여 측정한 전체 작업시간 동안의 노출농도와 비교하면 약 8~9 ppm정도 과소평가되는 것으로 나타났다. 이것은 마무리 닦음작업시간에 고농도로 노출되고 있음을 보여준다.

마무리 닭음작업을 하는 시간은 짧게는 약 11분에서 길게는 60분까지 그날 그날의 인쇄양이나 작업상황 등에 따라 크게 다른 것으로 나타났으며, 평균은 약 26분이었다. 마무리 닭음작업을 하는 동안의 톨루엔 노출농도는 산술평균이 453.3 ppm, 기하평균은 380.5 ppm으로 나타나, 농도수준이 매우 높은 것을 알 수 있다. 마무리 닭음작업을 하는 동안 노출농도는 단시간노출기준인 150 ppm을 약 3배 초과하였으며, 노출시간도 보통 15분을 초과하는 것으로 나타났다. 한편, 두 평균값의 차이가 큰 것은 측정값들간 변이, 즉 일간변이가 크기 때문이다. 실제로 표준편차가 313.9 ppm(상대표준편차 69.2%)으로 크게 나타났고, 기하표준편차도 1.8로 비교적 크게 나타났다.

한편 읍셋인쇄 공정에서 인쇄작업과 마무리 닭음작업 동안 각각을 측정한 결과와 전체작업시간 동안 하나의 시료를 채취하여 측정한 결과를 비교한 결과는 <표 6>과 같이 나타났다. 인쇄작업과 마무리 닭음작업 동안 각각을 측정한 결과로부터 산출한 시간가중평균과 전체시간동안 하나의 시료를 채취하여 측정한 결과는 비슷하게 나타났으나 3개의 시료 모두 각각을 분리하여 측정한 결과로부터 산출한 시간가중평균값이 전 작업시간동안 단일시료를 채취하여 측정한 결과보다 약간 높게 나타났다. 이것은 그 이유는 정확히 알 수 없지만 마무리 닭음작업시간 동안의 고농도에 의한 영향 때문인 것으로 추정된다.

〈표 5〉 읍셋 인쇄 공정의 톨루엔 노출농도 측정치

연 번	날짜	인쇄 작업		마무리 닦음작업		전체 작업	
		측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)
1	16. 12. 23	—	—	17:00 - 17:31 (31)	431.9	09:00 - 17:31 (451)	86.8
2	16. 12. 26	—	—	17:14 - 17:35 (21)	415.3	08:55 - 17:35 (460)	72.4
3	16. 12. 27	—	—	07:34 - 07:59 (25)	560.3	21:05 - 07:59 (594)	122.5
4	16. 12. 28	—	—	07:40 - 08:01 (21)	207.4	21:02 - 08:01 (599)	128.4
5	16. 12. 29	10:00 - 19:16 (496)	82.3	20:00 - 20:25 (25)	626.2	—	—
6	16. 12. 30	—	—	17:20 - 18:00 (40)	316.1	08:40 - 18:00 (500)	77.1
7	17. 01. 02	—	—	17:05 - 18:05 (60)	165.0	08:40 - 18:05 (505)	316.1
8	17. 01. 03	—	—	16:59 - 17:25 (26)	274.9	08:55 - 17:25 (450)	99.4
9	17. 01. 04	—	—	18:07 - 18:30 (23)	162.9	08:57 - 18:30 (513)	99.8
10	17. 01. 05	—	—	17:05 - 17:25 (20)	228.5	08:45 - 17:25 (460)	70.3
11	17. 04. 10	08:53 - 17:12 (439)	106.7	17:12 - 17:36 (24)	671.5	08:53 - 17:36 (463)	127.5
12	17. 04. 11	09:05 - 17:10 (425)	102.1	17:10 - 17:21 (11)	250.9	09:05 - 17:21 (436)	103.1
13	17. 04. 12	09:11 - 17:25 (434)	67.9	17:25 - 17:40 (15)	1293.6	09:11 - 17:40 (449)	93.0
	N	4	4	13	12	12	11
	AM	(448.5)	89.8	(26.3)	453.3	(490.0)	98.2
	SD	(32.2)	18.0	(12.3)	313.9	(55.4)	21.1
	GM	—	88.3	—	380.5	—	96.2
	GSD	—	1.2	—	1.8	—	1.2

〈표 6〉 옅색인쇄 공정 인쇄작업과 마무리 닦음작업의 톨루엔 측정결과와 전체작업시간 동안의 측정결과비교

날짜	실측		→ 추정		실측	
	인쇄 작업		마무리 닦음작업		전체 작업	
	측정시간 min	농도 ppm	측정시간 min	농도 ppm	TWA 환산값 ppm (%)	측정시간 min 농도 ppm (%)
17. 04. 10	439	106.7	24	671.5	136.0 (100)	463 127.5 (93.8)
17. 04. 11	425	102.1	11	250.9	105.9 (100)	436 103.1 (97.4)
17. 04. 12	434	67.9	15	1293.6	108.8 (100)	449 93.0 (85.5)

*TWA 환산값 = $(C_1 \cdot T_1 + C_2 \cdot T_2 + \dots + C_n \cdot T_n) / (T_1 + T_2 + \dots + T_n)$

주) C : 유해요인의 측정치(단위 : ppm 또는 mg/m³)

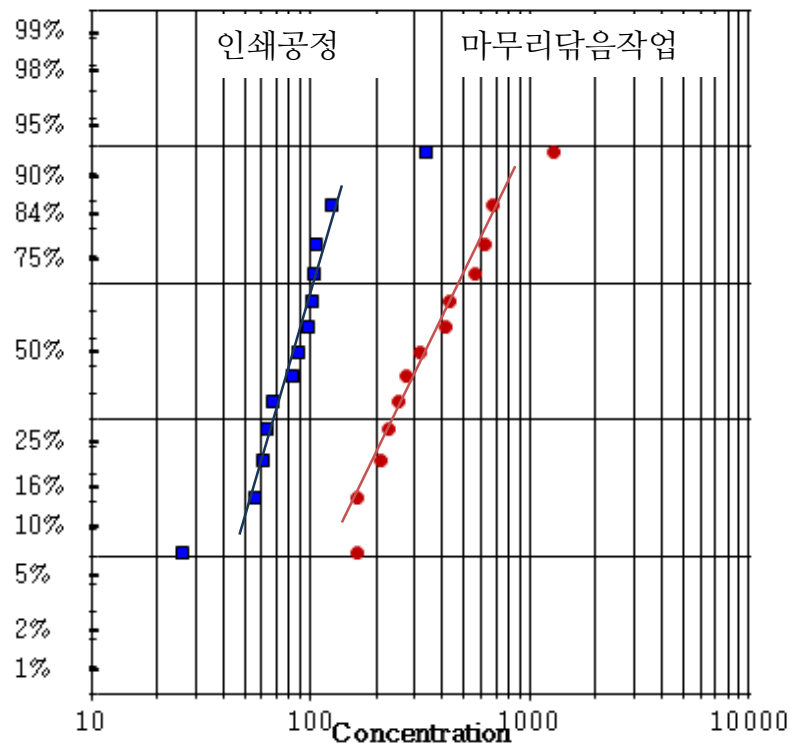
T : 유해요인의 발생시간(단위 : 시간)

〈표 7〉 읍셋 인쇄 공정에서 측정한 톨루엔 노출농도 총괄(추정값 포함)

연 번	날짜	인쇄 작업		마무리 닦음작업		전체 작업	
		측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)
1	16. 12. 23	09:00 - 17:00 (420)	61.3	17:00 - 17:31 (31)	431.9	09:00 - 17:31 (451)	86.8
2	16. 12. 26	08:55 - 17:14 (439)	56.0	17:14 - 17:35 (21)	415.3	08:55 - 17:35 (460)	72.4
3	16. 12. 27	21:05 - 07:34 (569)	103.3	07:34 - 07:59 (25)	560.3	21:05 - 07:59 (594)	122.5
4	16. 12. 28	21:02 - 07:40 (578)	125.5	07:40 - 08:01 (21)	207.4	21:02 - 08:01 (599)	128.4
5	16. 12. 29	10:00 - 19:16 (496)	82.3	20:00 - 20:25 (25)	626.2	10:00-20:25 (521)	108.4
6	16. 12. 30	08:40 - 17:20 (460)	26.3	17:20 - 18:00 (40)	316.1	08:40 - 18:00 (500)	77.1
7	17. 01. 02	08:40 - 17:05 (445)	336.5	17:05 - 18:05 (60)	165.0	08:40 - 18:05 (505)	316.1
8	17. 01. 03	08:55 - 16:59 (424)	88.6	16:59 - 17:25 (26)	274.9	08:55 - 17:25 (450)	99.4
9	17. 01. 04	08:57 - 18:07 (490)	96.8	18:07 - 18:30 (23)	162.9	08:57 - 18:30 (513)	99.8
10	17. 01. 05	08:45 - 17:05 (440)	63.1	17:05 - 17:25 (20)	228.5	08:45 - 17:25 (460)	70.3
11	17. 04. 10	08:53 - 17:12 (439)	106.7	17:12 - 17:36 (24)	671.5	08:53 - 17:36 (463)	127.5
12	17. 04. 11	09:05 - 17:10 (425)	102.1	17:10 - 17:21 (11)	250.9	09:05 - 17:21 (436)	103.1
13	17. 04. 12	09:11 - 17:25 (434)	67.9	17:25 - 17:40 (15)	1293.6	09:11 - 17:40 (449)	93.0
	N	13	12	13	12	12	11
	AM	(466.1)	81.7	(26.3)	453.3	(490.0)	98.2
	SD	(53.1)	27.6	(12.3)	313.9	(55.4)	21.1
	GM	—	76.2	—	380.5	—	96.2
	GSD	—	1.5	—	1.8	—	1.2

〈표 7〉은 전체작업 시간동안 측정한 결과와 마무리 닦음작업 시간동안 측정한 결과부터 인쇄작업시간 동안의 농도를 계산하여 추정한 결과와 2016.12.29.의 경우에는 인쇄작업시간 측정치와 마무리 닦음작업 측정치로부터 전체 작업시간동안의 시간가중평균을 계산한 결과이다. 음영으로 처리한 부분이 실측치로부터 계산을 통해 추정한 부분이다.

이 결과를 농도분포도로 나타낸 것이 [그림 4]이다. [그림 4]에서 보듯이 인쇄공정은 평균 노출농도가 약 80 ppm 수준이며, 대체로 60~105 ppm 수준임을 알 수 있다. 측정일 중 1일은 300 ppm을 초과하는, 높은 노출수준을 보였고 다른 1일은 노출농도가 30 ppm이하인 날도 있었다. 그렇지만 모든 날이 ACGIH에서 설정한 TLV 20 ppm을 초과하고 있었다. 한편 마무리 닦음작업을 하는 동안에는 평균이 약 350 ppm 수준이었으며, 농도변이가 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 경우에 따라서는 1000 ppm을 초과하는 날도 있었고, 최소한 노출농도가 150 ppm을 초과하는 것으로 나타났다.



[그림 4] 옵셋인쇄 공정에서 인쇄작업과 마무리닦음작업의 톨루엔 노출농도.

옅셋 인쇄 공정에서 Isopropyl Alcohol은 인쇄작업의 경우 산술평균 61.2ppm, 표준편차 30.8ppm, 기하평균 53.9ppm, 기하표준편차 1.7이었으며, 마무리 닦음 작업의 경우에는 산술평균 309.2ppm, 표준편차 381.4ppm, 기하평균 131.5ppm, 기하표준편차 4.1 이었다. 전체작업시간 동안 평균은 산술평균 73.4ppm, 표준편차 47.7ppm, 기하평균 60.5ppm, 기하표준편차 1.9로 나타났다.

〈표 8〉 읍셋 인쇄 공정의 이소프로필 알코올 노출농도 측정치

연 번	날짜	인쇄 작업		마무리 닦음작업		전체 작업	
		측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)
1	16. 12. 23	—	—	17:00 - 17:31 (31)	885.1	09:00 - 17:31 (451)	161.5
2	16. 12. 26	—	—	17:14 - 17:35 (21)	49.6	08:55 - 17:35 (460)	51.6
3	16. 12. 27	—	—	07:34 - 07:59 (25)	1054.1	21:05 - 07:59 (594)	146.4
4	16. 12. 28	—	—	07:40 - 08:01 (21)	534.7	21:02 - 08:01 (599)	120.9
5	16. 12. 29	10:00 - 19:16 (496)	33.0	20:00 - 20:25 (25)	549.6	—	—
6	16. 12. 30	—	—	17:20 - 18:00 (40)	34.4	08:40 - 18:00 (500)	67.3
7	17. 01. 02	—	—	17:05 - 18:05 (60)	130.1	08:40 - 18:05 (505)	62.9
8	17. 01. 03	—	—	16:59 - 17:25 (26)	96.0	08:55 - 17:25 (450)	61.2
9	17. 01. 04	—	—	18:07 - 18:30 (23)	29.4	08:57 - 18:30 (513)	41.8
10	17. 01. 05	—	—	17:05 - 17:25 (20)	34.2	08:45 - 17:25 (460)	52.5
11	17. 04. 10	08:53 - 17:12 (439)	17.8	17:12 - 17:36 (24)	ND	08:53 - 17:36 (463)	17.9
12	17. 04. 11	09:05 - 17:10 (425)	31.8	17:10 - 17:21 (11)	69.5	09:05 - 17:21 (436)	30.0
13	17. 04. 12	09:11 - 17:25 (434)	54.4	17:25 - 17:40 (15)	64.7	09:11 - 17:40 (449)	55.9
	N	4	4	13	11	12	11
	AM	(448.5)	34.3	(26.3)	309.2	(490.0)	73.4
	SD	(32.2)	15.1	(12.3)	381.4	(55.4)	47.7
	GM	—	31.8	—	131.5	—	60.5
	GSD	—	1.6	—	4.1	—	1.9

〈표 9〉 읍셋인쇄 공정 인쇄작업과 마무리 닦음작업의 이소프로필 알코올 측정결과와 전체작업시간 동안의 측정결과 비교

날짜	실측		→ 추정		실측	
	인쇄 작업		마무리 닦음작업		전체 작업	
	측정시간 min	농도 ppm	측정시간 min	농도 ppm	TWA 환산값 ppm (%)	측정시간 min 농도 ppm (%)
17. 04. 10	439	17.8	24	ND	16.9 (100)	463 17.9 (105.9)
17. 04. 11	425	31.8	11	69.5	32.8 (100)	436 30.0 (91.5)
17. 04. 12	434	54.4	15	64.7	54.7 (100)	449 55.9 (102.2)

*TWA 환산값 = $(C1 \cdot T1 + C2 \cdot T2 + \dots + Cn \cdot Tn) / (T1 + T2 + \dots + Tn)$

주) C : 유해요인의 측정치(단위 : ppm 또는 mg/m³)

T : 유해요인의 발생시간(단위 : 시간)

*불검출(ND)은 TWA 환산시 '0'으로 간주함.

〈표 10〉 읍셋 인쇄 공정에서 측정한 이소프로필 알코올 노출농도 총괄(추정값 포함)

연 번	날짜	인쇄 작업		마무리 닦음작업		전체 작업	
		측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)
1	16. 12. 23	09:00 - 17:00 (420)	108.1	17:00 - 17:31 (31)	885.1	09:00 - 17:31 (451)	161.5
2	16. 12. 26	08:55 - 17:14 (439)	51.7	17:14 - 17:35 (21)	49.6	08:55 - 17:35 (460)	51.6
3	16. 12. 27	21:05 - 07:34 (569)	106.5	07:34 - 07:59 (25)	1054.1	21:05 - 07:59 (594)	146.4
4	16. 12. 28	21:02 - 07:40 (578)	105.8	07:40 - 08:01 (21)	534.7	21:02 - 08:01 (599)	120.9
5	16. 12. 29	10:00 - 19:16 (496)	33.0	20:00 - 20:25 (25)	549.6	10:00 - 20:25 (521)	57.8
6	16. 12. 30	08:40 - 17:20 (460)	70.1	17:20 - 18:00 (40)	34.4	08:40 - 18:00 (500)	67.3
7	17. 01. 02	08:40 - 17:05 (445)	53.8	17:05 - 18:05 (60)	130.1	08:40 - 18:05 (505)	62.9
8	17. 01. 03	08:55 - 16:59 (424)	59.0	16:59 - 17:25 (26)	96.0	08:55 - 17:25 (450)	61.2
9	17. 01. 04	08:57 - 18:07 (490)	42.4	18:07 - 18:30 (23)	29.4	08:57 - 18:30 (513)	41.8
10	17. 01. 05	08:45 - 17:05 (440)	53.4	17:05 - 17:25 (20)	34.2	08:45 - 17:25 (460)	52.5
11	17. 04. 10	08:53 - 17:12 (439)	17.8	17:12 - 17:36 (24)	ND	08:53 - 17:36 (463)	17.9
12	17. 04. 11	09:05 - 17:10 (425)	31.8	17:10 - 17:21 (11)	69.5	09:05 - 17:21 (436)	30.0
13	17. 04. 12	09:11 - 17:25 (434)	54.4	17:25 - 17:40 (15)	64.7	09:11 - 17:40 (449)	55.9
	N	13	12	13	11	12	11
	AM	(466.1)	61.2	(26.3)	309.2	(490.0)	73.4
	SD	(53.1)	30.8	(12.3)	381.4	(55.4)	47.7
	GM	—	53.9	—	131.5	—	60.5
	GSD	—	1.7	—	4.1	—	1.9

2) 스티커 인쇄 공정의 단위 작업별 톨루엔, 이소프로필 알코올의 측정 결과

스티커 인쇄 공정은 석유(경유)를 이용한 닦음작업을 실시하며, 톨루엔과 이소프로필 알코올에 직접적으로 노출되지 않지만 옅색 인쇄 공정에서 5m 내외에서 이루어지는 작업 공정으로 옅색 인쇄 공정과 노출량을 비교하기 위하여 옅색 인쇄 공정과 동일하게 측정 및 평가하였다.

연번 6번의 경우 시료의 오염이 예상되어 평가에서 제외하였으며, 불검출(ND)값 또한 평가에서 제외하였다.

2016년 12월 23일에서 2017년 1월 5일까지 10일간은 인쇄 작업을 별도로 측정하지 않아 추정값을 기재하였다.

2017년 4월 10일에서 동년 동월 12일까지 3일간 인쇄 작업과 마무리 닦음 작업의 농도를 TWA로 환산하여 실제 전체 작업시 농도와 비교한 결과 스티커 인쇄 공정의 톨루엔은 98.5~110.1%, 이소프로필 알코올은 70.0~107.8%의 일치율이 나왔다.

그 결과는 <표 12>, <표 15>와 같다.

스티커 인쇄 공정에서 측정한 톨루엔 노출 값은 인쇄 작업에서 산술평균 22.6ppm, 표준편차 10.1ppm, 기하평균 20.7ppm, 기하표준편차 1.6 이며, 마무리 닦음작업에서 산술평균 42.7ppm, 표준편차 24.9ppm, 기하평균 37.1ppm, 기하표준편차 1.7 이고, 전체 작업에서 산술평균 23.6ppm, 표준편차 10.3ppm, 기하평균 21.6ppm, 기하표준편차 1.5 이다.

스티커 인쇄 공정에서 측정한 이소프로필 알코올 노출 값은 인쇄 작업에서 산술평균 22.7ppm, 표준편차 8.9ppm, 기하평균 20.9ppm, 기하표준편차 1.5 이며, 마무리 닦음작업에서 산술평균 74.2ppm, 표준편차 102.0ppm, 기하평균 45.2ppm, 기하표준편차 2.6 이고, 전체 작업에서 산술평균 23.4ppm, 표준편차 9.4ppm, 기하평균 21.5ppm, 기하표준편차 1.6 이다.

스티커 인쇄 공정은 석유(경유)를 이용한 닦음작업을 실시하며, 톨루엔 및 이소프로필 알코올에 직접 노출되지 않고 노출원으로 부터 5m 근방에서 작업을 실시하고 있어 전반적인 노출량이 낮게 평가된 것으로 사료된다.

그 결과는 <표 11>, <표 12>, <표 13>, <표 14>, <표 15>, <표 16>과 같다.

〈표 11〉 스티커 인쇄 공정에서 측정한 톨루엔 노출농도 총괄(실제 측정값)

연 번	날짜	인쇄 작업		마무리 닦음작업		전체 작업	
		측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)
1	16. 12. 23	—	—	18:04 - 18:27 (23)	19.5	09:00 - 18:27 (507)	14.1
2	16. 12. 26	—	—	17:30 - 17:52 (22)	23.1	09:01 - 17:52 (471)	12.0
3	16. 12. 27	—	—	17:35 - 18:02 (27)	19.2	09:00 - 18:02 (482)	12.7
4	16. 12. 28	—	—	17:30 - 17:57 (27)	38.9	09:00 - 17:57 (477)	21.6
5	16. 12. 29	—	—	17:30 - 17:59 (29)	27.9	09:05 - 17:59 (474)	23.3
6	16. 12. 30	—	—	17:35 - 18:05 (30)	33.7	08:45 - 18:05 (500)	34.5
7	17. 01. 02	—	—	18:20 - 18:41 (21)	95.9	08:55 - 18:41 (526)	30.2
8	17. 01. 03	—	—	18:36 - 18:58 (22)	28.3	08:58 - 18:58 (540)	14.2
9	17. 01. 04	—	—	17:45 - 18:10 (25)	46.4	08:57 - 18:10 (493)	17.1
10	17. 01. 05	—	—	18:00 - 18:30 (30)	53.9	09:01 - 18:30 (509)	32.8
11	17. 04. 10	09:04 - 18:48 (524)	26.6	18:48 - 18:52 (4)	80.9	09:04 - 18:52 (528)	26.6
12	17. 04. 11	08:41 - 18:46 (545)	30.2	18:46 - 18:58 (12)	54.1	08:41 - 18:58 (557)	33.8
13	17. 04. 12	09:01 - 18:21 (500)	44.9	18:21 - 18:34 (13)	24.6	09:01 - 18:34 (513)	44.5
	N	3	3	13	12	13	12
	AM	(523.0)	33.9	(21.9)	42.7	(505.9)	23.6
	SD	(22.5)	9.7	(7.9)	24.9	(26.7)	10.3
	GM	—	33.0	—	37.1	—	21.6
	GSD	—	1.3	—	1.7	—	1.5

〈표 12〉 스티커 인쇄 공정 인쇄 작업의 톨루엔 노출농도 추정을 위한 단위 작업의 실제 측정 농도의 신뢰성 검증

날짜	실측				→ 추정	실측	
	인쇄 작업		마무리 닦음작업		TWA 환산값 ppm (%)	전체 작업	
	측정시간 min	농도 ppm	측정시간 min	농도 ppm		측정시간 min	농도 ppm (%)
17. 04. 10	524	26.6	4	80.9	27.0 (100)	528	26.6 (98.5)
17. 04. 11	545	30.2	12	54.1	30.7 (100)	557	33.8 (110.1)
17. 04. 12	500	44.9	13	24.6	44.4 (100)	513	44.5 (100.2)

*TWA 환산값 = $(C_1 \cdot T_1 + C_2 \cdot T_2 + \dots + C_n \cdot T_n) / (T_1 + T_2 + \dots + T_n)$

주) C : 유해요인의 측정치(단위 : ppm 또는 mg/m³)

T : 유해요인의 발생시간(단위 : 시간)

〈표 13〉 스티커 인쇄 공정에서 측정한 톨루엔 노출농도 총괄(추정값 포함)

연 번	날짜	인쇄 작업		마무리 닦음작업		전체 작업	
		측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)
1	16. 12. 23	09:00 - 18:04 (484)	13.8	18:04 - 18:27 (23)	19.5	09:00 - 18:27 (507)	14.1
2	16. 12. 26	09:01 - 17:30 (449)	11.5	17:30 - 17:52 (22)	23.1	09:01 - 17:52 (471)	12.0
3	16. 12. 27	09:00 - 17:35 (455)	12.3	17:35 - 18:02 (27)	19.2	09:00 - 18:02 (482)	12.7
4	16. 12. 28	09:00 - 17:30 (450)	20.6	17:30 - 17:57 (27)	38.9	09:00 - 17:57 (477)	21.6
5	16. 12. 29	09:05 - 17:30 (445)	23.0	17:30 - 17:59 (29)	27.9	09:05 - 17:59 (474)	23.3
6	16. 12. 30	08:45 - 17:35 (470)	34.6	17:35 - 18:05 (30)	33.7	08:45 - 18:05 (500)	34.5
7	17. 01. 02	08:55 - 18:20 (505)	27.5	18:20 - 18:41 (21)	95.9	08:55 - 18:41 (526)	30.2
8	17. 01. 03	08:58 - 18:36 (518)	13.6	18:36 - 18:58 (22)	28.3	08:58 - 18:58 (540)	14.2
9	17. 01. 04	08:57 - 17:45 (468)	15.5	17:45 - 18:10 (25)	46.4	08:57 - 18:10 (493)	17.1
10	17. 01. 05	09:01 - 18:00 (479)	31.5	18:00 - 18:30 (30)	53.9	09:01 - 18:30 (509)	32.8
11	17. 04. 10	09:04 - 18:48 (524)	26.6	18:48 - 18:52 (4)	80.9	09:04 - 18:52 (528)	26.6
12	17. 04. 11	08:41 - 18:46 (545)	30.2	18:46 - 18:58 (12)	54.1	08:41 - 18:58 (557)	33.8
13	17. 04. 12	09:01 - 18:21 (500)	44.9	18:21 - 18:34 (13)	24.6	09:01 - 18:34 (513)	44.5
	N	13	12	13	12	13	12
	AM	(484.0)	22.6	(21.9)	42.7	(505.9)	23.6
	SD	(32.1)	10.1	(7.9)	24.9	(26.7)	10.3
	GM	—	20.7	—	37.1	—	21.6
	GSD	—	1.6	—	1.7	—	1.5

〈표 14〉 스티커 인쇄 공정에서 측정한 이소프로필 알코올 노출농도 총괄(실제 측정값)

연 번	날짜	인쇄 작업		마무리 닦음작업		전체 작업	
		측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)
1	16. 12. 23	—	—	18:04 - 18:27 (23)	43.9	09:00 - 18:27 (507)	35.2
2	16. 12. 26	—	—	17:30 - 17:52 (22)	117.4	09:01 - 17:52 (471)	37.3
3	16. 12. 27	—	—	17:35 - 18:02 (27)	52.7	09:00 - 18:02 (482)	31.4
4	16. 12. 28	—	—	17:30 - 17:57 (27)	28.5	09:00 - 17:57 (477)	25.3
5	16. 12. 29	—	—	17:30 - 17:59 (29)	26.1	09:05 - 17:59 (474)	11.7
6	16. 12. 30	—	—	17:35 - 18:05 (30)	ND	08:45 - 18:05 (500)	49.0
7	17. 01. 02	—	—	18:20 - 18:41 (21)	28.7	08:55 - 18:41 (526)	18.2
8	17. 01. 03	—	—	18:36 - 18:58 (22)	31.6	08:58 - 18:58 (540)	20.2
9	17. 01. 04	—	—	17:45 - 18:10 (25)	48.7	08:57 - 18:10 (493)	13.1
10	17. 01. 05	—	—	18:00 - 18:30 (30)	11.2	09:01 - 18:30 (509)	21.8
11	17. 04. 10	09:04 - 18:48 (524)	11.4	18:48 - 18:52 (4)	352.7	09:04 - 18:52 (528)	9.8
12	17. 04. 11	08:41 - 18:46 (545)	22.2	18:46 - 18:58 (12)	ND	08:41 - 18:58 (557)	23.4
13	17. 04. 12	09:01 - 18:21 (500)	33.2	18:21 - 18:34 (13)	ND	09:01 - 18:34 (513)	33.3
	N	3	3	13	10	13	12
	AM	(523.0)	22.3	(21.9)	74.2	(505.9)	23.4
	SD	(22.5)	10.9	(7.9)	102.0	(26.7)	9.4
	GM	—	20.3	—	45.2	—	21.5
	GSD	—	1.7	—	2.6	—	1.6

〈표 15〉 스티커 인쇄 공정 인쇄 작업의 이소프로필 알코올 노출농도 추정을 위한 단위 작업의 실제 측정 농도의 신뢰성 검증

날짜	실측		→ 추정		실측	
	인쇄 작업		마무리 닦음작업		전체 작업	
	측정시간 min	농도 ppm	측정시간 min	농도 ppm	TWA 환산값 ppm (%)	측정시간 min 농도 ppm (%)
17. 04. 10	524	11.4	4	352.7	14.0 (100)	528 9.8 (70.0)
17. 04. 11	545	22.2	12	ND	21.7 (100)	557 23.4 (107.8)
17. 04. 12	500	33.2	13	ND	32.4 (100)	513 33.3 (102.8)

*TWA 환산값 = $(C1 \cdot T1 + C2 \cdot T2 + \dots + Cn \cdot Tn) / (T1 + T2 + \dots + Tn)$

주) C : 유해요인의 측정치(단위 : ppm 또는 mg/m³)

T : 유해요인의 발생시간(단위 : 시간)

*불검출(ND)은 TWA 환산시 '0'으로 간주함.

〈표 16〉 스티커 인쇄 공정에서 측정한 이소프로필 알코올 노출농도 총괄(추정값 포함)

연 번	날짜	인쇄 작업		마무리 닦음작업		전체 작업	
		측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)	측정시간 (min)	농도 (ppm)
1	16. 12. 23	09:00 - 18:04 (484)	34.8	18:04 - 18:27 (23)	43.9	09:00 - 18:27 (507)	35.2
2	16. 12. 26	09:01 - 17:30 (449)	33.4	17:30 - 17:52 (22)	117.4	09:01 - 17:52 (471)	37.3
3	16. 12. 27	09:00 - 17:35 (455)	30.1	17:35 - 18:02 (27)	52.7	09:00 - 18:02 (482)	31.4
4	16. 12. 28	09:00 - 17:30 (450)	25.1	17:30 - 17:57 (27)	28.5	09:00 - 17:57 (477)	25.3
5	16. 12. 29	09:05 - 17:30 (445)	10.8	17:30 - 17:59 (29)	26.1	09:05 - 17:59 (474)	11.7
6	16. 12. 30	08:45 - 17:35 (470)	49.0	17:35 - 18:05 (30)	ND	08:45 - 18:05 (500)	49.0
7	17. 01. 02	08:55 - 18:20 (505)	17.8	18:20 - 18:41 (21)	28.7	08:55 - 18:41 (526)	18.2
8	17. 01. 03	08:58 - 18:36 (518)	19.7	18:36 - 18:58 (22)	31.6	08:58 - 18:58 (540)	20.2
9	17. 01. 04	08:57 - 17:45 (468)	11.2	17:45 - 18:10 (25)	48.7	08:57 - 18:10 (493)	13.1
10	17. 01. 05	09:01 - 18:00 (479)	22.5	18:00 - 18:30 (30)	11.2	09:01 - 18:30 (509)	21.8
11	17. 04. 10	09:04 - 18:48 (524)	11.4	18:48 - 18:52 (4)	352.7	09:04 - 18:52 (528)	9.8
12	17. 04. 11	08:41 - 18:46 (545)	22.2	18:46 - 18:58 (12)	ND	08:41 - 18:58 (557)	23.4
13	17. 04. 12	09:01 - 18:21 (500)	33.2	18:21 - 18:34 (13)	ND	09:01 - 18:34 (513)	33.3
	N	13	12	13	10	13	12
	AM	(484.0)	22.7	(21.9)	74.2	(505.9)	23.4
	SD	(32.1)	8.9	(7.9)	102.0	(26.7)	9.4
	GM	—	20.9	—	45.2	—	21.5
	GSD	—	1.5	—	2.6	—	1.6

제 2 절 읍셋 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닙음작업 시간의 톨루엔, 이소프로필 알코올 노출량(Dose) 비교 평가

읍셋 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닙음작업 시간의 톨루엔, 이소프로필 알코올 노출량(Dose)을 비교하여 마무리 닙음작업의 노출 기여도와 일간 변이를 확인하기 위해 평가하였다.

읍셋 인쇄 공정에서 측정한 톨루엔 노출량(Dose)은 인쇄 작업에서 산술평균 38919ppm, 표준편차 16508ppm, 기하평균 35458ppm, 기하표준편차 1.5 이고, 마무리 닙음작업에서 산술평균 10210ppm, 표준편차 5677ppm, 기하평균 8533ppm, 기하표준편차 1.9 이다.

읍셋 인쇄 공정의 톨루엔은 인쇄 작업 대비 마무리 닙음작업시 노출량이 34%에 해당되는 것으로 나타난다.

읍셋 인쇄 공정에서 측정한 이소프로필 알코올 노출량(Dose)은 인쇄 작업에서 산술평균 29391ppm, 표준편차 17427ppm, 기하평균 25061ppm, 기하표준편차 1.8 이고, 마무리 닙음작업에서 산술평균 7888ppm, 표준편차 10437ppm, 기하평균 2931ppm, 기하표준편차 4.6 이다.

읍셋 인쇄 공정의 이소프로필 알코올은 인쇄 작업 대비 마무리 닙음작업시 노출량이 22%에 해당되는 것으로 나타난다.

읍셋 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닙음작업시 톨루엔, 이소프로필 알코올의 노출량(Dose)은 서로 상관성이 없는 것으로 나타났으며, 일간 변이는 마무리 닙음작업시 더 큰 것으로 평가됐다.

그 결과는 <표 17>, <표 18>, [그림 5], [그림 6], [그림 7], [그림 8]과 같다.

〈표 17〉 읍셋 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닙음작업 시간의 톨루엔 노출량 비교

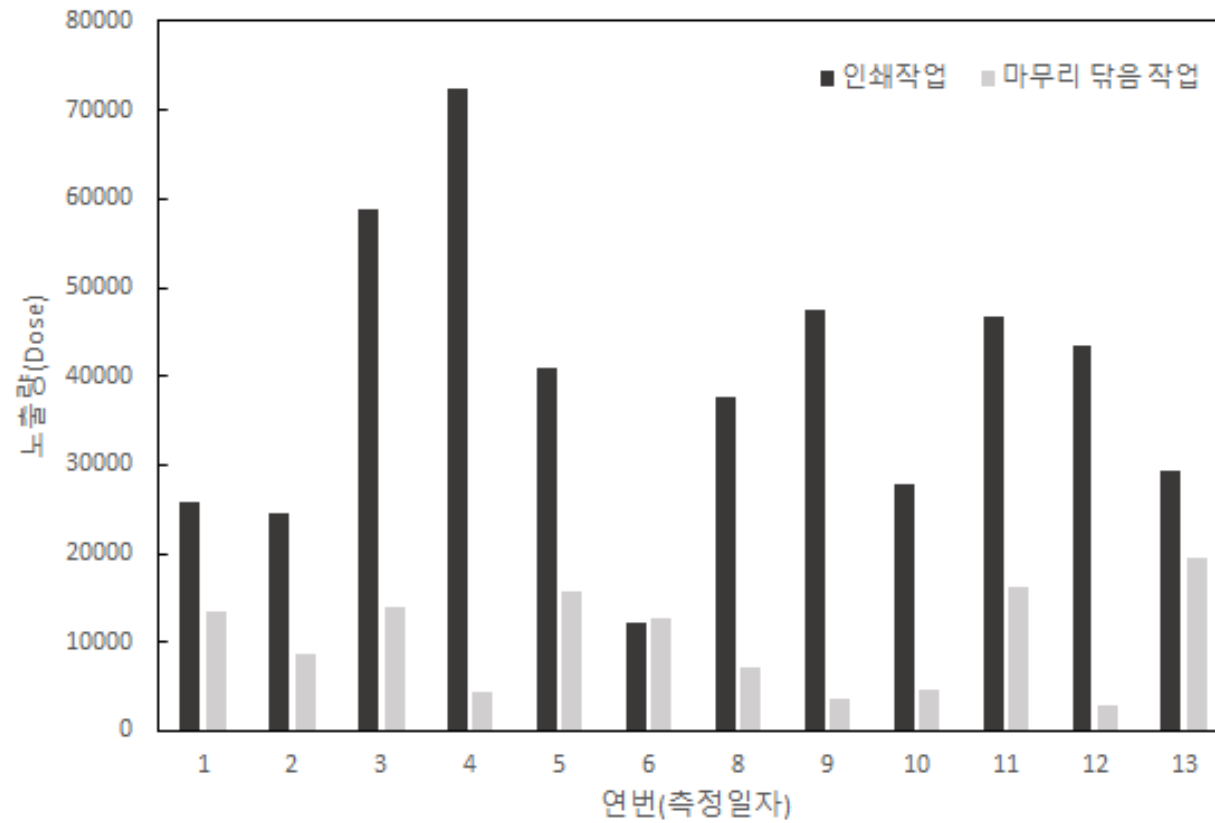
연 번	날짜	인쇄 작업				마무리 닙음작업			
		측정시간(min)	농도 (ppm)	노출량 (ppm-hr)	노출량 비율	측정시간(min)	농도 (ppm)	노출량 (ppm-hr)	노출량 비율
1	16. 12. 23	09:00 - 17:00 (420)	61.3	25746	100%	17:00 - 17:31 (31)	431.9	13389	52%
2	16. 12. 26	08:55 - 17:14 (439)	56.0	24584	100%	17:14 - 17:35 (21)	415.3	8721	35%
3	16. 12. 27	21:05 - 07:34 (569)	103.3	58778	100%	07:34 - 07:59 (25)	560.3	14008	24%
4	16. 12. 28	21:02 - 07:40 (578)	125.5	72539	100%	07:40 - 08:01 (21)	207.4	4355	6%
5	16. 12. 29	10:00 - 19:16 (496)	82.3	40821	100%	20:00 - 20:25 (25)	626.2	15655	38%
6	16. 12. 30	08:40 - 17:20 (460)	26.3	12098	100%	17:20 - 18:00 (40)	316.1	12644	105%
7	17. 01. 02	08:40 - 17:05 (445)	336.5	149743	100%	17:05 - 18:05 (60)	165.0	9900	7%
8	17. 01. 03	08:55 - 16:59 (424)	88.6	37566	100%	16:59 - 17:25 (26)	274.9	7147	19%
9	17. 01. 04	08:57 - 18:07 (490)	96.8	47432	100%	18:07 - 18:30 (23)	162.9	3747	8%
10	17. 01. 05	08:45 - 17:05 (440)	63.1	27764	100%	17:05 - 17:25 (20)	228.5	4570	16%
11	17. 04. 10	08:53 - 17:12 (439)	106.7	46841	100%	17:12 - 17:36 (24)	671.5	16116	34%
12	17. 04. 11	09:05 - 17:10 (425)	102.1	43393	100%	17:10 - 17:21 (11)	250.9	2760	6%
13	17. 04. 12	09:11 - 17:25 (434)	67.9	29469	100%	17:25 - 17:40 (15)	1293.6	19404	66%
	N	13	12	12	12	13	12	12	12
	AM	(466.1)	81.7	38919	100%	(26.3)	453.3	10210	34%
	SD	(53.1)	27.6	16508	—	(12.3)	313.9	5677	29%
	GM	—	76.2	35458	—	—	380.5	8533	—
	GSD	—	1.5	1.6	—	—	1.8	1.9	—

*C*T=Dose(ppm-hr)

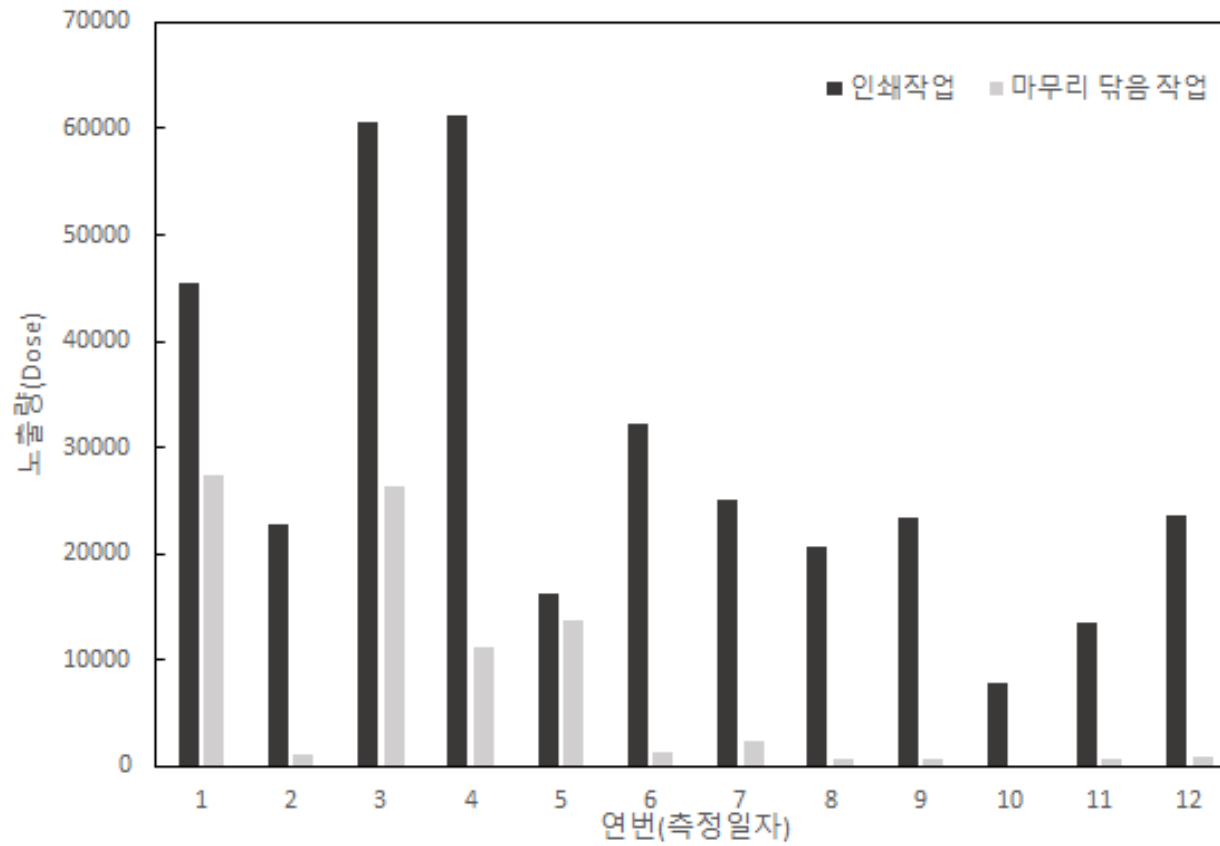
〈표 18〉 읍셋 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닙음작업 시간의 이소프로필 알코올 노출량 비교

연 번	날짜	인쇄 작업				마무리 닙음작업			
		측정시간(min)	농도 (ppm)	노출량 (ppm-hr)	노출량 비율	측정시간(min)	농도 (ppm)	노출량 (ppm-hr)	노출량 비율
1	16. 12. 23	09:00 - 17:00 (420)	108.1	45402	100%	17:00 - 17:31 (31)	885.1	27438	60%
2	16. 12. 26	08:55 - 17:14 (439)	51.7	22696	100%	17:14 - 17:35 (21)	49.6	1042	5%
3	16. 12. 27	21:05 - 07:34 (569)	106.5	60599	100%	07:34 - 07:59 (25)	1054.1	26353	43%
4	16. 12. 28	21:02 - 07:40 (578)	105.8	61152	100%	07:40 - 08:01 (21)	534.7	11229	18%
5	16. 12. 29	10:00 - 19:16 (496)	33.0	16368	100%	20:00 - 20:25 (25)	549.6	13740	84%
6	16. 12. 30	08:40 - 17:20 (460)	70.1	32246	100%	17:20 - 18:00 (40)	34.4	1376	4%
7	17. 01. 02	08:40 - 17:05 (445)	53.8	23941	100%	17:05 - 18:05 (60)	130.1	7806	33%
8	17. 01. 03	08:55 - 16:59 (424)	59.0	25016	100%	16:59 - 17:25 (26)	96.0	2496	10%
9	17. 01. 04	08:57 - 18:07 (490)	42.4	20776	100%	18:07 - 18:30 (23)	29.4	676	3%
10	17. 01. 05	08:45 - 17:05 (440)	53.4	23496	100%	17:05 - 17:25 (20)	34.2	684	3%
11	17. 04. 10	08:53 - 17:12 (439)	17.8	7814	100%	17:12 - 17:36 (24)	ND	ND	0%
12	17. 04. 11	09:05 - 17:10 (425)	31.8	13515	100%	17:10 - 17:21 (11)	69.5	765	6%
13	17. 04. 12	09:11 - 17:25 (434)	54.4	23610	100%	17:25 - 17:40 (15)	64.7	971	4%
	N	13	12	12	12	13	11	11	11
	AM	(466.1)	61.7	29391	100%	(26.3)	309.2	7888	22%
	SD	(53.1)	30.8	17427	—	(12.3)	381.4	10437	28%
	GM	—	53.9	25061	—	—	131.5	2931	—
	GSD	—	1.7	1.8	—	—	4.1	4.6	—

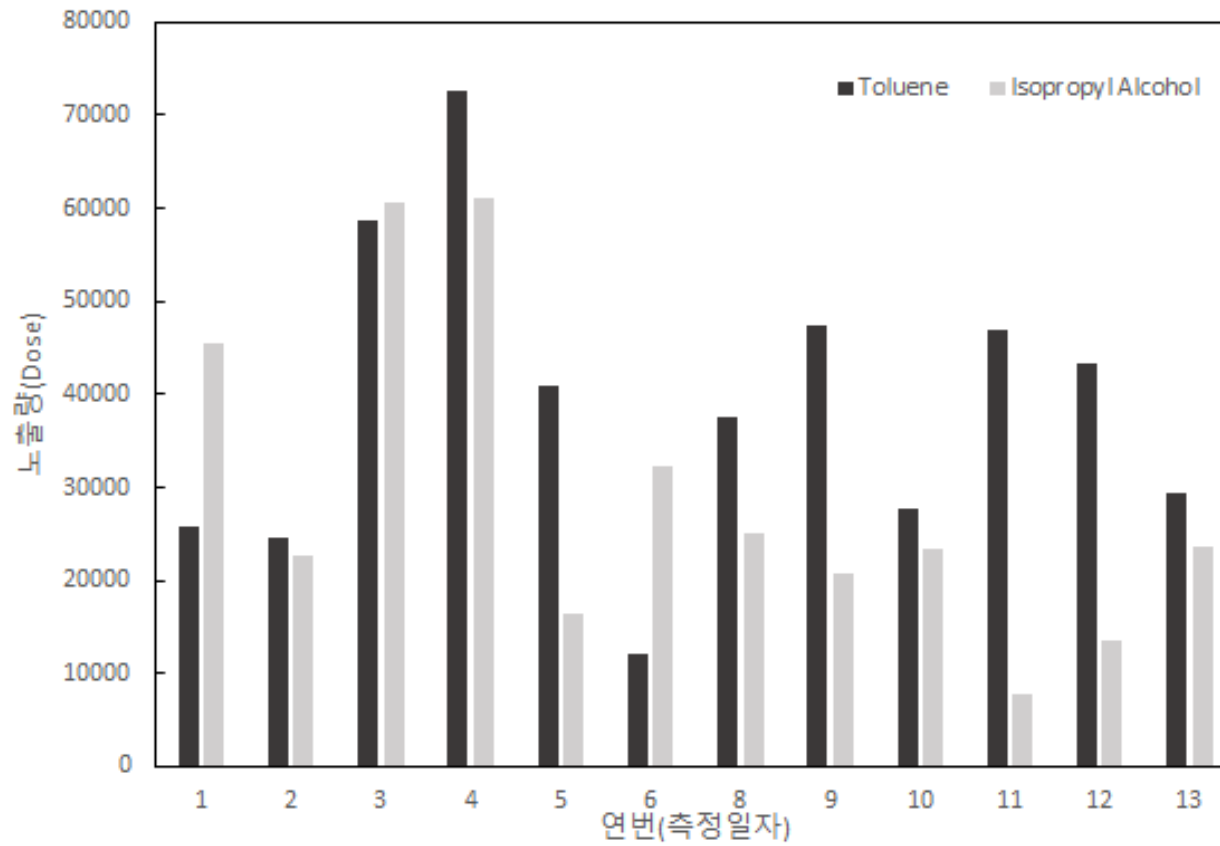
*C*T=Dose(ppm-hr)



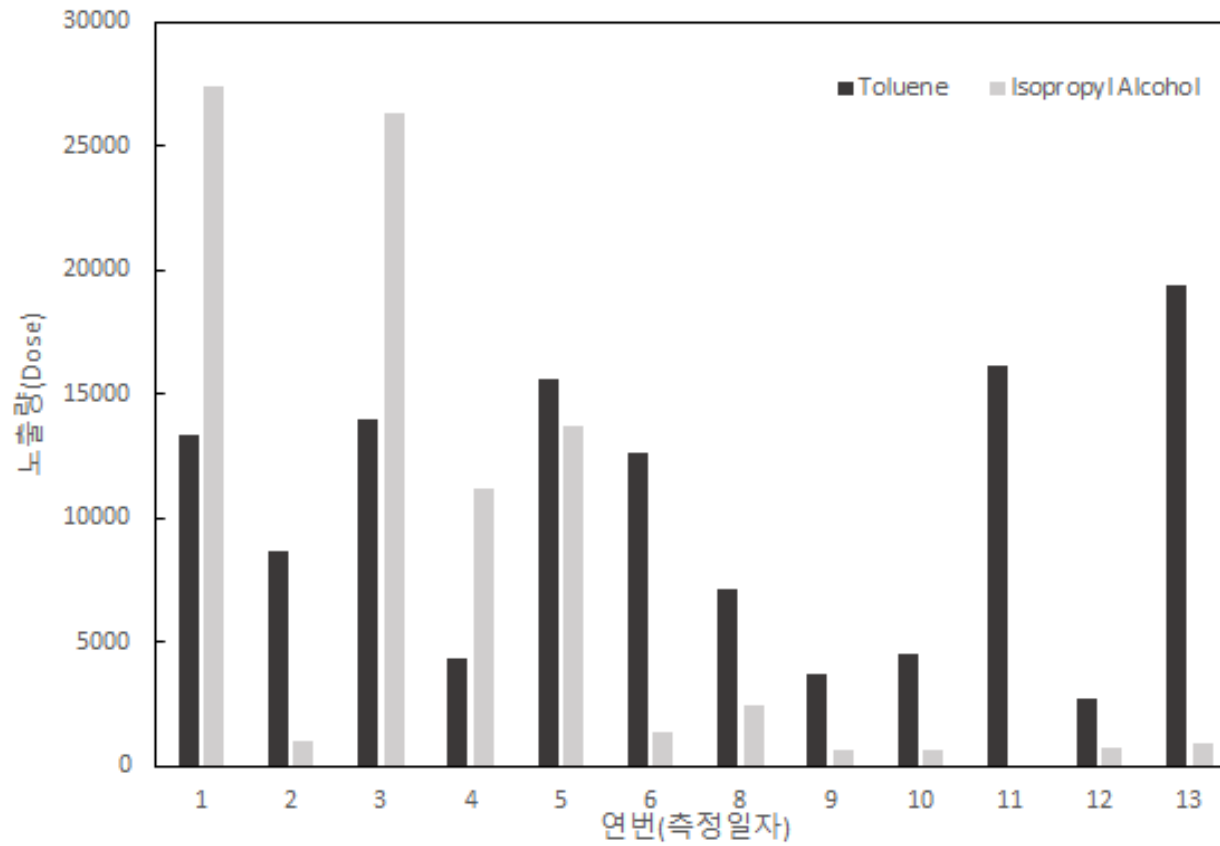
[그림 5] 옵셋 인쇄 공정 인쇄 작업과 마무리 닦음작업의 톨루엔 노출량 비교.



[그림 6] 옵셋 인쇄 공정 인쇄 작업과 마무리 닦음작업의 이소프로필 알코올 노출량 비교.



[그림 7] 옅색 인쇄 공정 인쇄 작업시 톨루엔과 이소프로필 알코올 노출량 비교.



[그림 8] 읍셋 인쇄 공정 마무리 닦음작업시 톨루엔과 이소프로필 알코올 노출량 비교.

제 3 절 스티커 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닦음작업 시간의 톨루엔, 이소프로필 알코올 노출량(Dose) 비교 평가

스티커 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닦음작업 시간의 톨루엔, 이소프로필 알코올 노출량(Dose)을 비교하여 마무리 닦음작업의 노출 기여도와 일간 변이를 확인하기 위해 평가하였다.

스티커 인쇄 공정에서 측정한 톨루엔 노출량(Dose)은 인쇄 작업에서 산술평균 11089ppm, 표준편차 5306ppm, 기하평균 10008ppm, 기하표준편차 1.6 이고, 마무리 닦음작업에서 산술평균 837ppm, 표준편차 532ppm, 기하평균 708ppm, 기하표준편차 1.8 이다.

스티커 인쇄 공정의 톨루엔은 인쇄 작업 대비 마무리 닦음작업시 노출량이 8%에 해당되는 것으로 나타난다.

스티커 인쇄 공정에서 측정한 이소프로필 알코올 노출량(Dose)은 인쇄 작업에서 산술평균 10960ppm, 표준편차 4173ppm, 기하평균 10130ppm, 기하표준편차 1.5 이고, 마무리 닦음작업에서 산술평균 1081ppm, 표준편차 636ppm, 기하평균 937ppm, 기하표준편차 1.8 이다.

스티커 인쇄 공정의 이소프로필 알코올은 인쇄 작업 대비 마무리 닦음작업시 노출량이 12%에 해당되는 것으로 나타난다.

스티커 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닦음작업의 톨루엔, 이소프로필 알코올의 노출량(Dose)은 크게 상관성이 없는 것으로 나타났으며, 일간 변이는 마무리 닦음작업시 더 큰 것으로 평가됐다.

그 결과는 <표 19>, <표 20>, [그림 9], [그림 10], [그림 11], [그림 12]과 같다.

〈표 19〉 스티커 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닦음작업 시간의 톨루엔 노출량 비교

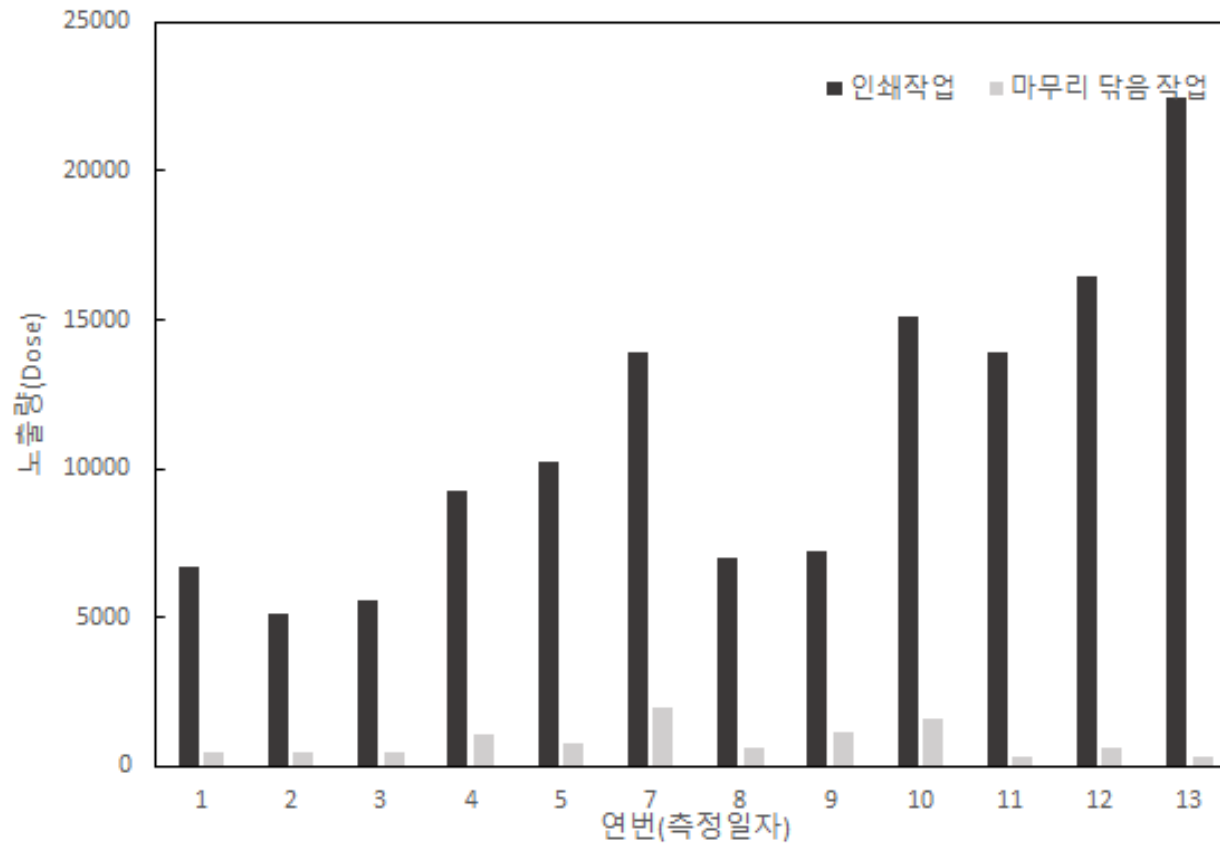
연 번	날짜	인쇄 작업			마무리 닦음작업			
		측정시간(min)	농도 (ppm)	노출량(A) (ppm-hr)	측정시간(min)	농도 (ppm)	노출량(B) (ppm-hr)	B/A
1	16. 12. 23	09:00 - 18:04 (484)	13.8	6679	18:04 - 18:27 (23)	19.5	449	7%
2	16. 12. 26	09:01 - 17:30 (449)	11.5	5164	17:30 - 17:52 (22)	23.1	508	10%
3	16. 12. 27	09:00 - 17:35 (455)	12.3	5597	17:35 - 18:02 (27)	19.2	518	9%
4	16. 12. 28	09:00 - 17:30 (450)	20.6	9270	17:30 - 17:57 (27)	38.9	1050	11%
5	16. 12. 29	09:05 - 17:30 (445)	23.0	10235	17:30 - 17:59 (29)	27.9	809	8%
6	16. 12. 30	08:45 - 17:35 (470)	34.6	16262	17:35 - 18:05 (30)	33.7	1011	6%
7	17. 01. 02	08:55 - 18:20 (505)	27.5	13888	18:20 - 18:41 (21)	95.9	2014	15%
8	17. 01. 03	08:58 - 18:36 (518)	13.6	7045	18:36 - 18:58 (22)	28.3	623	9%
9	17. 01. 04	08:57 - 17:45 (468)	15.5	7254	17:45 - 18:10 (25)	46.4	1160	16%
10	17. 01. 05	09:01 - 18:00 (479)	31.5	15089	18:00 - 18:30 (30)	53.9	1617	11%
11	17. 04. 10	09:04 - 18:48 (524)	26.6	13938	18:48 - 18:52 (4)	80.9	324	2%
12	17. 04. 11	08:41 - 18:46 (545)	30.2	16459	18:46 - 18:58 (12)	54.1	649	4%
13	17. 04. 12	09:01 - 18:21 (500)	44.9	22450	18:21 - 18:34 (13)	24.6	320	1%
	N	13	12	12	13	12	12	12
	AM	(484.0)	22.6	11089	(21.9)	42.7	837	8%
	SD	(32.1)	10.1	5306	(7.9)	24.9	532	5%
	GM	—	20.7	10008	—	37.1	708	—
	GSD	—	1.6	1.6	—	1.7	1.8	—

*C*T=Dose(ppm-hr)

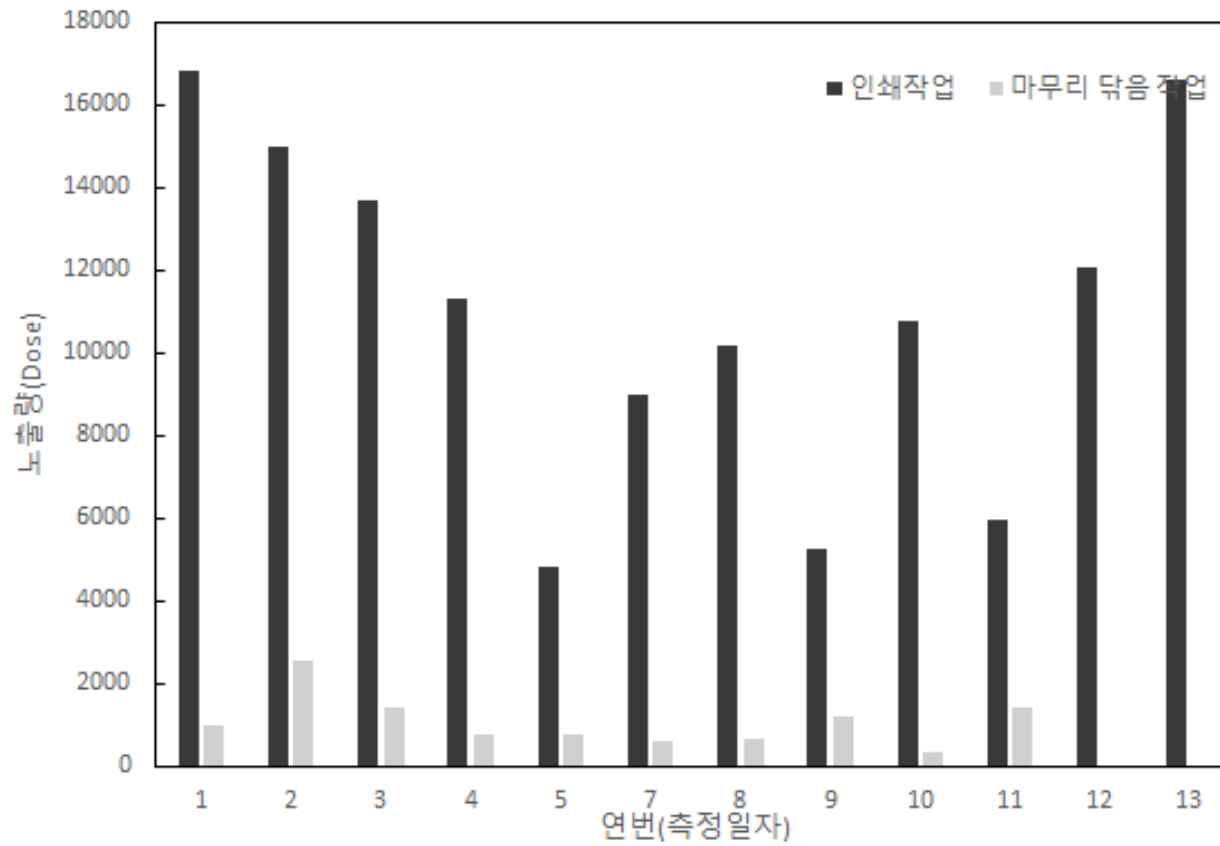
〈표 20〉 스티커 인쇄 공정의 인쇄 작업과 마무리 닦음작업 시간의 이소프로필 알코올 노출량 비교

연 번	날짜	인쇄 작업			마무리 닦음작업			
		측정시간(min)	농도 (ppm)	노출량(A) (ppm-hr)	측정시간(min)	농도 (ppm)	노출량(B) (ppm-hr)	B/A
1	16. 12. 23	09:00 - 18:04 (484)	34.8	16843	18:04 - 18:27 (23)	43.9	1010	6%
2	16. 12. 26	09:01 - 17:30 (449)	33.4	14997	17:30 - 17:52 (22)	117.4	2583	17%
3	16. 12. 27	09:00 - 17:35 (455)	30.1	13696	17:35 - 18:02 (27)	52.7	1423	10%
4	16. 12. 28	09:00 - 17:30 (450)	25.1	11295	17:30 - 17:57 (27)	28.5	770	7%
5	16. 12. 29	09:05 - 17:30 (445)	10.8	4806	17:30 - 17:59 (29)	26.1	757	16%
6	16. 12. 30	08:45 - 17:35 (470)	490	23030	17:35 - 18:05 (30)	ND	ND	0%
7	17. 01. 02	08:55 - 18:20 (505)	17.8	8989	18:20 - 18:41 (21)	28.7	603	7%
8	17. 01. 03	08:58 - 18:36 (518)	19.7	10205	18:36 - 18:58 (22)	31.6	695	7%
9	17. 01. 04	08:57 - 17:45 (468)	11.2	5242	17:45 - 18:10 (25)	48.7	1218	23%
10	17. 01. 05	09:01 - 18:00 (479)	22.5	10778	18:00 - 18:30 (30)	11.2	336	3%
11	17. 04. 10	09:04 - 18:48 (524)	11.4	5974	18:48 - 18:52 (4)	352.7	1411	24%
12	17. 04. 11	08:41 - 18:46 (545)	22.2	12099	18:46 - 18:58 (12)	ND	ND	0%
13	17. 04. 12	09:01 - 18:21 (500)	33.2	16600	18:21 - 18:34 (13)	ND	ND	0%
	N	13	12	12	13	10	10	10
	AM	(484.0)	22.7	10960	(21.9)	74.2	1081	12%
	SD	(32.1)	8.9	4173	(7.9)	102.0	636	8%
	GM	-	20.9	10130	-	45.2	937	-
	GSD	-	1.5	1.5	-	2.6	1.8	-

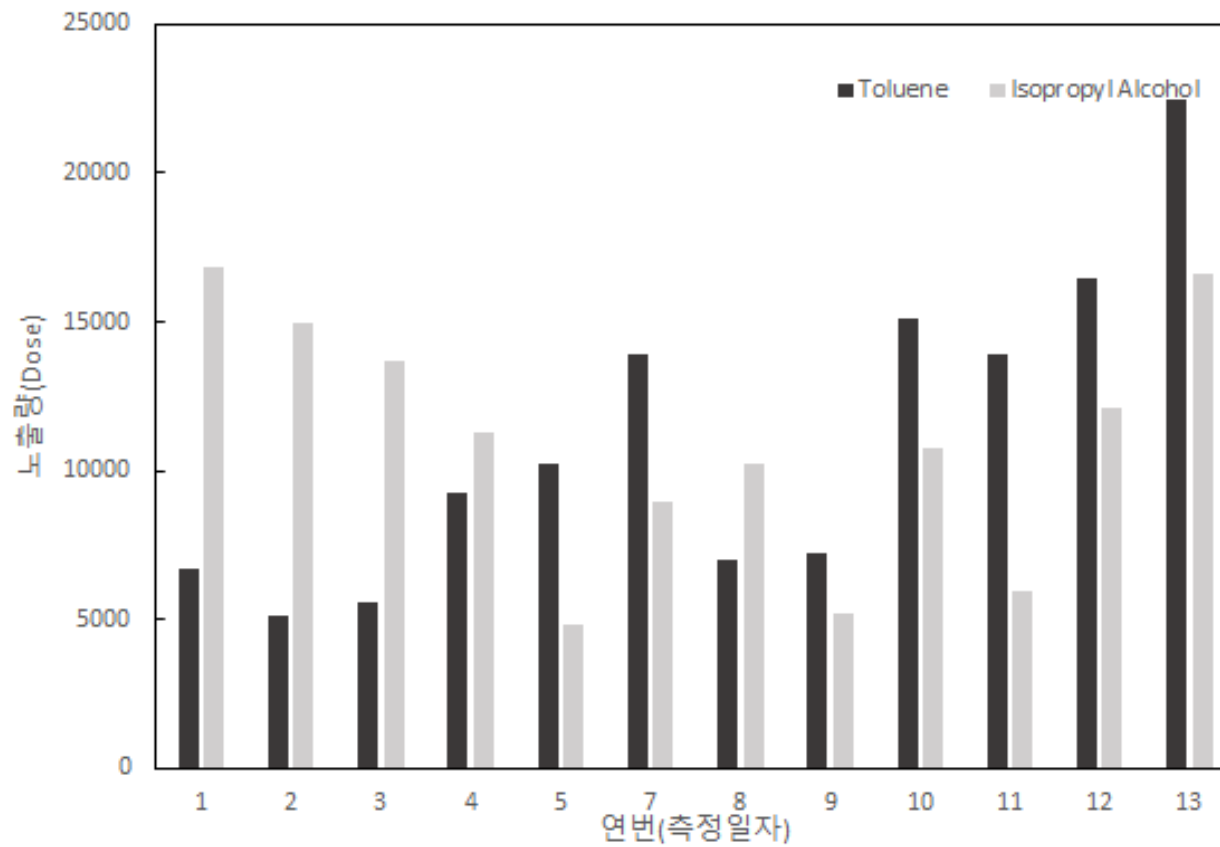
*C*T=Dose(ppm-hr)



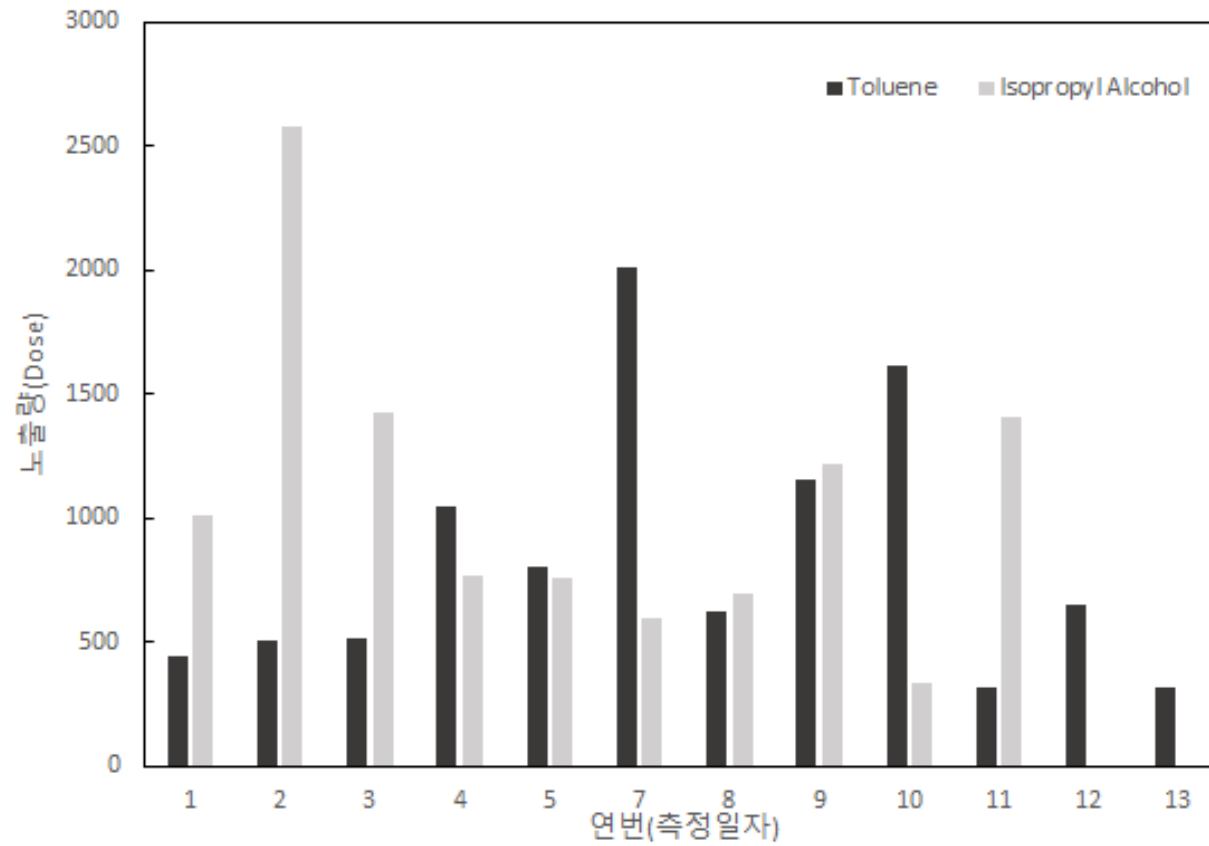
[그림 9] 스티커 인쇄 공정 인쇄 작업과 마무리 닦음작업의 톨루엔 노출량 비교.



[그림 10] 스티커 인쇄 공정 인쇄 작업과 마무리 닦음작업의 이소프로필 알코올 노출량 비교.



[그림 11] 스티커 인쇄 공정 인쇄 작업시 톨루엔과 이소프로필 알코올 노출량 비교.



[그림 12] 스티커 인쇄 공정 마무리 닦음작업시 톨루엔과 이소프로필 알코올 노출량 비교.

제 4 절 읍셋 인쇄 공정과 스티커 인쇄 공정의 전체 작업시 톨루엔, 이소프로필 알코올 노출량(Dose) 비교 평가

읍셋 인쇄 공정과 스티커 인쇄 공정에서 전체 작업 시간에 측정한 톨루엔 노출량을 비교하여 읍셋 인쇄 공정에서 발생하는 유해인자가 주변 공정(스티커 인쇄 공정)에 얼마나 영향을 주는지를 파악하기 위해 평가하였다.

읍셋 인쇄 공정에서 전체 작업시간 동안 측정한 톨루엔 노출량(Dose)은 산술평균 48608ppm, 표준편차 15050ppm, 기하평균 46708ppm, 기하표준편차 1.3이고, 스티커 인쇄 공정에서 전체 작업시간 동안 측정한 톨루엔 노출량(Dose)은 산술평균 12054ppm, 표준편차 5550ppm, 기하평균 10932ppm, 기하표준편차 1.6이다.

읍셋 인쇄 공정에서 전체 작업시간 동안 측정한 이소프로필 알코올 노출량(Dose)은 산술평균 37200ppm, 표준편차 26938ppm, 기하평균 29406ppm, 기하표준편차 2.1이고, 스티커 인쇄 공정에서 전체 작업시간 동안 측정한 이소프로필 알코올 노출량(Dose)은 산술평균 11791ppm, 표준편차 4555ppm, 기하평균 10875ppm, 기하표준편차 1.5이다.

읍셋 인쇄 공정과 스티커 인쇄 공정의 전체 작업 시간 측정 결과 톨루엔, 이소프로필 알코올의 노출량(Dose)은 크게 상관성이 없는 것으로 보아 발생 원인 읍셋 인쇄 공정에서 주변 공정인 스티커 인쇄 공정에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

그 결과는 <표 21>, <표 22>, [그림 13], [그림 14]와 같다.

〈표 21〉 읍셋 인쇄 공정과 스티커 인쇄 공정에서 전체 작업 시간동안의 톨루엔 노출량 비교

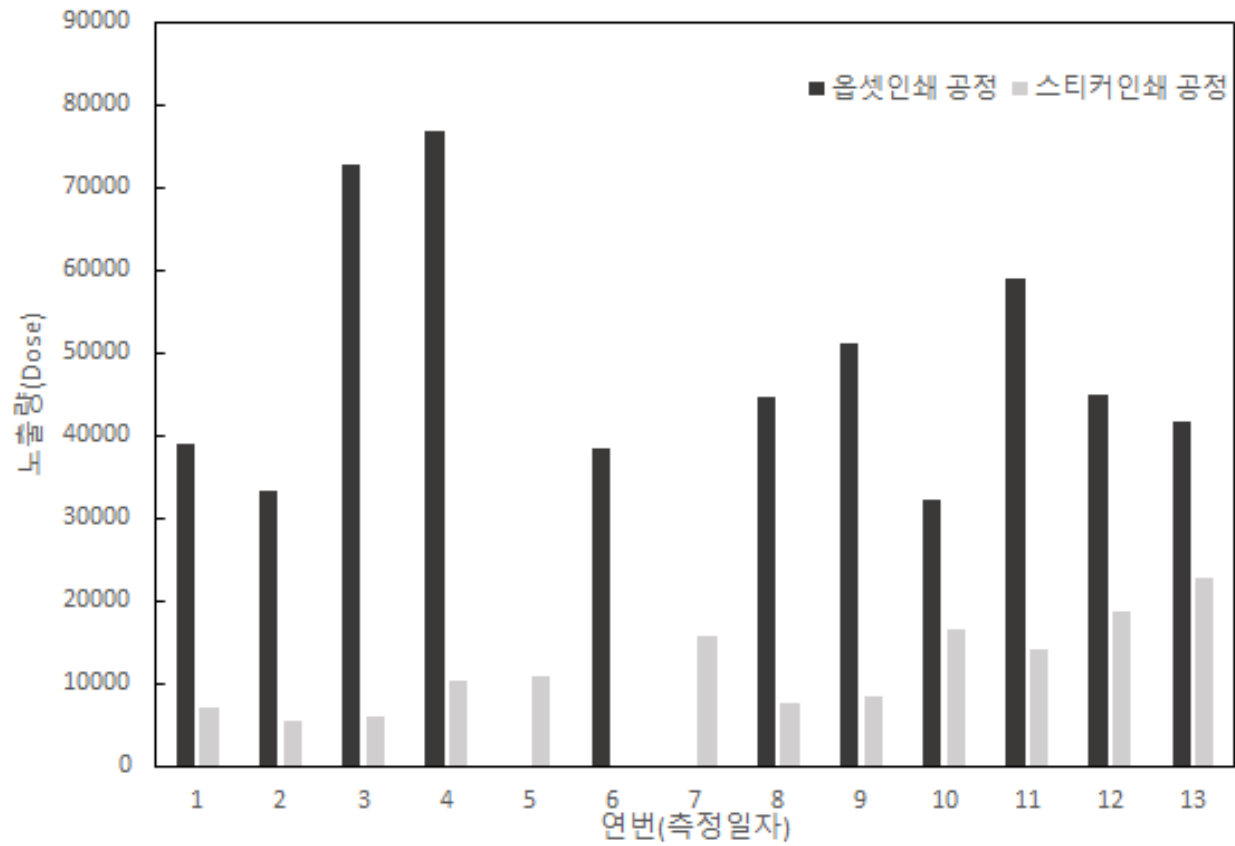
연 번	날짜	읍셋 인쇄			스티커 인쇄		
		측정시간(min)	농도 (ppm)	노출량 (ppm-hr)	측정시간(min)	농도 (ppm)	노출량 (ppm-hr)
1	16. 12. 23	09:00 - 17:31 (451)	86.8	39147	09:00 - 18:27 (507)	14.1	7149
2	16. 12. 26	08:55 - 17:35 (460)	72.4	33304	09:01 - 17:52 (471)	12.0	5652
3	16. 12. 27	21:05 - 07:59 (594)	122.5	72765	09:00 - 18:02 (482)	12.7	6121
4	16. 12. 28	21:02 - 08:01 (599)	128.4	76912	09:00 - 17:57 (477)	21.6	10303
5	16. 12. 29	-	-	-	09:05 - 17:59 (474)	23.3	11044
6	16. 12. 30	08:40 - 18:00 (500)	77.1	38550	08:45 - 18:05 (500)	34.5	17250
7	17. 01. 02	08:40 - 18:05 (505)	316.1	159631	08:55 - 18:41 (526)	30.2	15885
8	17. 01. 03	08:55 - 17:25 (450)	99.4	44730	08:58 - 18:58 (540)	14.2	7668
9	17. 01. 04	08:57 - 18:30 (513)	99.8	51197	08:57 - 18:10 (493)	17.1	8430
10	17. 01. 05	08:45 - 17:25 (460)	70.3	32338	09:01 - 18:30 (509)	32.8	16695
11	17. 04. 10	08:53 - 17:36 (463)	127.5	59033	09:04 - 18:52 (528)	26.6	14045
12	17. 04. 11	09:05 - 17:21 (436)	103.1	44952	08:41 - 18:58 (557)	33.8	18827
13	17. 04. 12	09:11 - 17:40 (449)	93.0	41757	09:01 - 18:34 (513)	44.5	22829
	N	12	11	11	13	12	12
	AM	(490.0)	98.2	48608	(505.9)	23.6	12054
	SD	(55.4)	21.1	15050	(26.7)	10.3	5550
	GM	-	96.2	46708	-	21.6	10932
	GSD	-	1.2	1.3	-	1.5	1.6

*C*T=Dose(ppm-hr)

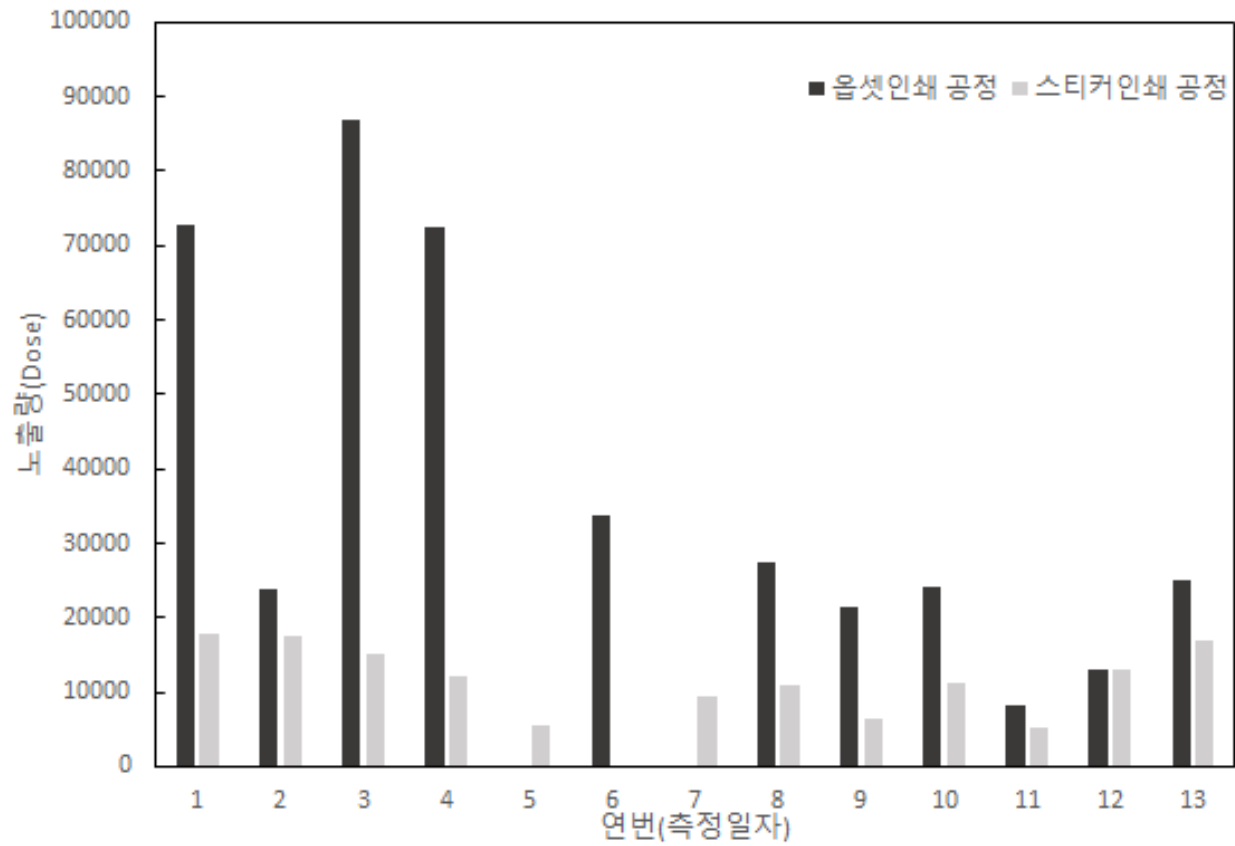
〈표 22〉 읍셋 인쇄 공정과 스티커 인쇄 공정에서 전체 작업 시간동안의 이소프로필 알코올 노출량 비교

연 번	날짜	읍셋 인쇄			스티커 인쇄		
		측정시간(min)	농도 (ppm)	노출량 (ppm-hr)	측정시간(min)	농도 (ppm)	노출량 (ppm-hr)
1	16. 12. 23	09:00 - 17:31 (451)	161.5	72837	09:00 - 18:27 (507)	35.2	17846
2	16. 12. 26	08:55 - 17:35 (460)	51.6	23736	09:01 - 17:52 (471)	37.3	17568
3	16. 12. 27	21:05 - 07:59 (594)	146.4	86962	09:00 - 18:02 (482)	31.4	15135
4	16. 12. 28	21:02 - 08:01 (599)	120.9	72419	09:00 - 17:57 (477)	25.3	12068
5	16. 12. 29	-	-	-	09:05 - 17:59 (474)	11.7	5546
6	16. 12. 30	08:40 - 18:00 (500)	67.3	33650	08:45 - 18:05 (500)	490	245000
7	17. 01. 02	08:40 - 18:05 (505)	62.9	31765	08:55 - 18:41 (526)	18.2	9573
8	17. 01. 03	08:55 - 17:25 (450)	61.2	27540	08:58 - 18:58 (540)	20.2	10908
9	17. 01. 04	08:57 - 18:30 (513)	41.8	21443	08:57 - 18:10 (493)	13.1	6458
10	17. 01. 05	08:45 - 17:25 (460)	52.5	24150	09:01 - 18:30 (509)	21.8	11096
11	17. 04. 10	08:53 - 17:36 (463)	17.9	8288	09:04 - 18:52 (528)	9.8	5174
12	17. 04. 11	09:05 - 17:21 (436)	30.0	13080	08:41 - 18:58 (557)	23.4	13034
13	17. 04. 12	09:11 - 17:40 (449)	55.9	25099	09:01 - 18:34 (513)	33.3	17083
	N	12	11	11	13	12	12
	AM	(490.0)	73.4	37200	(505.9)	23.4	11791
	SD	(55.4)	47.7	26938	(26.7)	9.4	4555
	GM	-	60.5	29406	-	21.5	10875
	GSD	-	1.9	2.1	-	1.6	1.5

*C*T=Dose(ppm-hr)



[그림 13] 오프셋 인쇄 공정과 스티커 인쇄 공정의 전체 작업시 톨루엔 노출량 비교.



[그림 14] 오프셋 인쇄 공정과 스티커 인쇄 공정의 전체 작업시 이소프로필 알코올 노출량 비교.

제 5 절 읍셋 및 스티커 인쇄 공정에서 단위 작업 시간당 톨루엔, 이소프로필 알코올 노출량(Dose) 비율

전체 작업 시간 기준 각 단위 작업이 몇 프로의 작업시간 동안 얼마의 노출 비율을 차지하는 지를 파악하여 실제로 컨트롤 해야 하는 작업 시간대는 찾기 위하여 분석 하였다.

읍셋 인쇄 공정에서 마무리 닦음작업 시간의 평균은 전체 작업 시간 평균의 5%에 해당되나 노출되는 톨루엔, 이소프로필 알코올의 평균 노출량은 각각 21% 정도로 높은 기여도를 보이고 있습니다.

스티커 인쇄 공정에서 마무리 닦음작업 시간의 평균은 전체 작업 시간 평균의 4%에 해당되며 마무리 닦음 시간 동안에 노출되는 톨루엔의 평균 노출량은 7%, 이소프로필 알코올의 평균 노출량은 9% 정도의 비교적 낮은 기여도를 보였다.

그 결과는 <표 23>, <표 24>와 같다.

〈표 23〉 읍셋 인쇄 공정의 단위 작업 시간 비율과 톨루엔, 이소프로필 알코올 노출량 기여도

구분		전체 작업	인쇄 작업	마무리 닦음작업
작업시간	평균	490.0	466.1	26.3
	비율	100%	95%	5%
톨루엔 노출량(Dose)	평균	48608	38919	10210
	기여도	100%	80%	21%
이소프로필 알코올 노출량(Dose)	평균	37200	29391	7888
	기여도	100%	79%	21%

〈표 24〉 스티커 인쇄 공정의 단위 작업 시간 비율과 톨루엔, 이소프로필 알코올 노출량 기여도

구분		전체 작업	인쇄 작업	마무리 닦음작업
작업시간	평균	505.9	484.0	21.9
	비율	100%	96%	4%
톨루엔 노출량(Dose)	평균	12054	11089	837
	기여도	100%	92%	7%
이소프로필 알코올 노출량(Dose)	평균	11791	10960	1081
	기여도	100%	93%	9%

제 6 절 연구의 신뢰성을 위한 보강 연구

1회(본 측정) 10일간 상기의 연구를 진행했으나, 시료 오염 여부 등 신뢰성 부분과 이 연구를 뒷받침 해줄 수 있는 근거 자료가 필요하다고 판단되어 2017년 4월 10일부터 동년 동월 12일까지 3일간 2회(보강 측정)을 실시하였다.

보강 측정은 본 사업장에서 발생 가능한 모든 유기화합물(Acetone, Ethyl Acetate, 톨루엔, 이소프로필 알코올)을 측정 및 분석 하였으며, 하루에 작업자 1명당 ①전체 작업 시간 ②마무리 닦음작업 시간 ③마무리 닦음작업 시간을 제외한 총 작업 시간 ④,⑤제품을 교체하기 위해 작업 중간에 단시간(약 5~10분) 이루어지는 닦음작업 시간, 이렇게 각 5개의 시료를 측정하여 ②와 ③의 노출량(Dose)의 전체 작업 시간 TWA 환산값이 ①의 노출량과 유의한 수준으로 측정 됐는지 확인하여 1회(본 측정) 방법에 대한 신뢰성을 높이는 측정이며, 실제로 ②의 노출량이 ④,⑤의 노출량보다 더 높게 평가되는지에 대해 확인하기 위한 연구이다.

연구 방법에 대한 설명은 2장 연구 대상 및 방법, 5절 측정 방법에 기재하였다.

1) 노출 가능한 유해인자의 검출 여부

연구 대상 사업장에서 사용하는 잉크, 희석제 등 모든 화학물질의 MSDS/GHS를 조사하여 노출 가능한 모든 유해인자를 대상으로 측정, 분석하여 주요 노출 인자를 확인하기 위한 목적이다.

대상 유해인자는 Acetone, Ethyl Acetate, 톨루엔, 이소프로필 알코올이었으며, 측정 매체 및 연구 방법 등은 제2장과 동일하게 하였다.

연구 대상 사업장에서 노출 가능한 모든 유해인자(Acetone, Ethyl Acetate, 톨루엔, 이소프로필 알코올)을 2017년 4월 10일부터 동년 동월 12일까지 3일간 측정한 결과 Acetone, Ethyl Acetate은 모두 불검출로 평가되었으며, 톨루엔(노출기준 초과), 이소프로필 알코올은 다소 높게 평가되었다.

더불어 Acetone, Ethyl Acetate의 경우 스티커 원단(점착제) 내에 낮은 비율로 함유되어 있고 점성이 강하고 고형화 된 스티커 형태의 안정한 상태로 이루어져 있어 불검출로 평가된 것으로 사료되며, 톨루엔, 이소프로필 알코올을 직접 취급하는 오프셋 인쇄 공정이 스티커 인쇄 공정에 비해 높은 농도에 노출되고 있는 것을 알 수 있었다.

결과는 <표 25>, <표 26>과 같다.

〈표 25〉 노출 가능한 모든 유해인자의 옅셋 인쇄 공정 측정 결과

측정일	공정구분	작업구분	작업시간 (min)	Acetone (ppm)	E-A (ppm)	IPA (ppm)	톨루엔 (ppm)
2017. 04. 10	옅셋인쇄	총 작업	463	ND	ND	17.9	127.5
		마무리 닦음작업 제외 총작업	439	ND	ND	17.8	106.7
		마무리 닦음작업	24	ND	ND	ND	671.5
		중간 닦음-1	11	ND	ND	ND	490.4
		중간 닦음-2	21	ND	ND	ND	615.3
2017. 04. 11	옅셋인쇄	총 작업	436	ND	ND	30.0	103.1
		마무리 닦음작업 제외 총작업	425	ND	ND	31.8	102.1
		마무리 닦음작업	11	ND	ND	69.5	250.9
		중간 닦음-1	7	ND	ND	ND	145.2
		중간 닦음-2	7	ND	ND	ND	150.3
2017. 04. 12	옅셋인쇄	총 작업	449	ND	ND	55.9	93.04
		마무리 닦음작업 제외 총작업	434	ND	ND	54.4	67.9
		마무리 닦음작업	15	ND	ND	64.7	1293.6
		중간 닦음-1	7	ND	ND	280.1	433.9
		중간 닦음-2	6	ND	ND	326.4	450.2

〈표 26〉 노출 가능한 모든 유해인자의 스티커 인쇄 공정 측정 결과

측정일	공정구분	작업구분	작업시간 (min)	Acetone (ppm)	E-A (ppm)	IPA (ppm)	톨루엔 (ppm)
2017. 04. 10	스티커인쇄	총 작업	528	ND	ND	9.8	26.6
		마무리 닦음작업 제외 총작업	524	ND	ND	11.4	26.6
		마무리 닦음작업	4	ND	ND	352.7	80.9
		중간 닦음-1	75	ND	ND	11.2	71.5
		중간 닦음-2	55	ND	ND	ND	24.4
2017. 04. 11	스티커인쇄	총 작업	557	ND	ND	23.4	33.8
		마무리 닦음작업 제외 총작업	545	ND	ND	22.2	30.2
		마무리 닦음작업	12	ND	ND	ND	54.1
		중간 닦음-1	9	ND	ND	ND	45.9
		중간 닦음-2	7	ND	ND	ND	77.5
2017. 04. 12	스티커인쇄	총 작업	513	ND	ND	33.3	44.5
		마무리 닦음작업 제외 총작업	500	ND	ND	33.2	44.9
		마무리 닦음작업	13	ND	ND	ND	24.6
		중간 닦음-1	8	ND	ND	51.2	34.4
		중간 닦음-2	8	ND	ND	ND	24.5

2) 마무리 닦음작업과 중간 닦음작업 노출 평가

마무리 닦음작업시간이 일과의 마지막에 이루어지면서 옅색 인쇄기 전체를 닦아야하기 때문에 작업시간 및 톨루엔 사용량이 더 많을 것이라고 추측하여 주 노출원은 마무리 닦음작업일 것이라고 판단하였으며, 이를 증명하기 위하여 마무리 닦음작업 시간 노출농도와 인쇄 작업 중간에 제품 교체를 위한 중간 닦음작업 시간 노출농도를 비교 평가하였다.

측정 결과 중간 닦음작업 시간에 비해 마무리 닦음작업 시간이 더 길고 큰 차이는 아니지만 노출농도 또한 더 높게 평가되었다.

결과는 <표 27>와 같으며, 닦음작업이 이루어지는 옅색 공정의 톨루엔에 대한 측정 및 분석을 실시하였다.

<표 27> 옅색 인쇄 공정의 마무리 닦음작업과 중간 닦음작업시 톨루엔 노출량의 비교

측정일	작업구분	작업시간(min)	톨루엔(ppm)
04/10	마무리 닦음작업	24	671.5
	중간 닦음-1	11	490.4
	중간 닦음-2	21	615.3
04/11	마무리 닦음작업	11	250.9
	중간 닦음-1	7	145.2
	중간 닦음-2	7	150.3
04/12	마무리 닦음작업	15	1293.6
	중간 닦음-1	7	433.9
	중간 닦음-2	6	450.2

제 7 절 14년도에서 16년도 읍셋 인쇄 사업장 작업환경측정 데이터

2014년부터 2016년도까지 3년간 광주, 대전, 대구, 안산 지역에서 작업환경측정을 실시한 총 14개 사업장의 측정 데이터를 분석한 결과 작업환경측정을 실시한 작업 시간대는 거의 09시부터 17시 내외에서 이루어지고 있으며, 마무리 닦음작업 시간대(퇴근 전 30분 내외)에 작업환경측정 평가가 이루어진 케이스는 단 한개도 없었다.

작업환경측정은 사업장에 존재하는 유해인자의 파악과 근로자 노출 실태를 파악하는 기본 자료로써 이용되지만 치명적인 노출원을 놓치고 있는 실태를 보여준다.

그 결과는 <표 28>, <표 29>, <표 30>, <표 31>과 같다.

〈표 28〉 광주 지역 작업환경측정 데이터

		14상	14하	15상	15하	16상	16하
A	측정 시작 시간					09:06	09:05
	측정 마무리 시간					16:10	16:17
	STEL 평가					X	X
	톨루엔 초과 여부					-	50%
	마무리 닦음작업 유무					○	○
B	측정 시작 시간				09:25	09:15	09:30
	측정 마무리 시간				16:45	16:22	16:41
	STEL 평가				X	X	X
	톨루엔 초과 여부				100%	-	50%
	마무리 닦음작업 유무				○	○	○
C	측정 시작 시간	09:38		09:13		09:18	
	측정 마무리 시간	16:47		16:20		16:27	
	STEL 평가	X		X		X	
	톨루엔 초과 여부	-		-		-	
	마무리 닦음작업 유무	○		○		○	
D	측정 시작 시간	09:38	09:17	09:20	09:21		08:57
	측정 마무리 시간	16:48	16:28	16:55	16:35		16:06
	STEL 평가	X	X	X	X		X
	톨루엔 초과 여부	-	100%	50%	-		50%
	마무리 닦음작업 유무	○	○	○	○		○
E	측정 시작 시간		09:15		09:13		09:19
	측정 마무리 시간		16:18		16:28		16:24
	STEL 평가		X		X		X
	톨루엔 초과 여부		-		-		-
	마무리 닦음작업 유무		○		○		○
F	측정 시작 시간	09:06	09:18		09:41		09:11
	측정 마무리 시간	16:25	16:28		16:47		16:21
	STEL 평가	X	X		X		X
	톨루엔 초과 여부	-	50%		-		50%
	마무리 닦음작업 유무	○	○		○		○

〈표 29〉 대구 지역 작업환경측정 데이터

		14상	14하	15상	15하	16상	16하
G	측정 시작 시간			09:40		09:38	
	측정 마무리 시간			16:59		17:00	
	STEL 평가			X		X	
	톨루엔 초과 여부			-		-	
	마무리 다음작업 유무			○		○	
H	측정 시작 시간				09:35	09:54	09:15
	측정 마무리 시간				16:39	16:57	16:17
	STEL 평가				X	X	X
	톨루엔 초과 여부				-	-	-
	마무리 다음작업 유무				○	○	○

〈표 30〉 대전 지역 작업환경측정 데이터

		14상	14하	15상	15하	16상	16하
A	측정 시작 시간	09:35		09:40	09:05		09:57
	측정 마무리 시간	16:39		16:46	16:08		17:01
	STEL 평가	X		X	X		X
	톨루엔 초과 여부	-		-	-		-
	마무리 다음작업 유무	○		○	○		○
B	측정 시작 시간	09:08	09:14	08:57	09:10	09:13	09:11
	측정 마무리 시간	16:19	16:19	16:10	16:20	16:23	16:22
	STEL 평가	X	X	X	X	X	X
	톨루엔 초과 여부	-	-	-	-	-	-
	마무리 다음작업 유무	○	○	○	○	○	○
C	측정 시작 시간					09:36	09:36
	측정 마무리 시간					16:44	16:41
	STEL 평가					X	X
	톨루엔 초과 여부					-	-
	마무리 다음작업 유무					○	○

〈표 31〉 안산 지역 작업환경측정 데이터

		14상	14하	15상	15하	16상	16하
A	측정 시작 시간		09:08		09:30		09:41
	측정 마무리 시간		16:11		16:37		16:47
	STEL 평가		X		X		X
	톨루엔 초과 여부		-		-		-
	마무리 닦음작업 유무		○		○		○
B	측정 시작 시간	09:46	10:20	09:48	10:22	10:22	09:31
	측정 마무리 시간	16:47	17:36	17:17	17:05	17:26	16:37
	STEL 평가	X	X	X	X	X	X
	톨루엔 초과 여부	-	-	-	-	-	-
	마무리 닦음작업 유무	○	○	○	○	○	○
C	측정 시작 시간	09:30		09:25		09:26	
	측정 마무리 시간	16:37		16:30		16:31	
	STEL 평가	X		X		X	
	톨루엔 초과 여부	-		-		-	
	마무리 닦음작업 유무	○		○		○	

제 4 장 결 론

본 연구는 2016년 12월 23일부터 30일 사이에 6일, 그리고 2017년 1월 2일부터 12일 사이에 7일 등 총 13일간 읍셋 인쇄 공정에서 인쇄작업을 하는 동안과 인쇄 종료 후 매일 인쇄기판을 닦아 내는 마무리 닦음작업을 하는 동안 주로 노출되는 톨루엔과 이소프로필 알코올을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 읍셋 인쇄 공정에서 작업자가 1일 작업시간은 평균 490분으로 8시간 정도 작업을 하는 것으로 나타났으며, 톨루엔 노출농도는 산술평균이 98.2 ppm, 기하평균으로는 96.2 ppm으로 우리나라 노출기준(50 ppm)을 약 2배, 미국 ACGIH의 TLV(20 ppm)의 약 5배 초과하는 것으로 나타났다. 인쇄 작업만을 따로 측정한 4개의 시료의 산술평균은 89.8 ppm, 기하평균은 88.3 ppm으로 나타났다. 마무리 닦음작업을 하는 시간은 짧게는 약 11분에서 길게는 60분까지 그날그날의 인쇄양이나 작업상황 등에 따라 크게 다른 것으로 나타났으며, 평균은 약 26분이었다. 마무리 닦음작업을 하는 동안의 톨루엔 노출농도는 산술평균이 453.3 ppm, 기하평균은 380.5 ppm으로 나타났다.

2. 읍셋 인쇄공정에서 인쇄작업과 마무리 닦음작업을 하는 동안의 톨루엔 농도와 노출시간을 곱한 노출량(dose)을 산출하여 비교한 결과, 마무리 닦음작업은 비록 노출시간은 짧지만 노출량은 인쇄작업시 노출량의 34%에 이르는 것으로 나타났다. 따라서 마무리 닦음작업은 반드시 측정하여야 함은 물론 마무리 닦음작업을 하는 동안 노출을 줄이기 위한 대책이 반드시 필요할 것으로 판단되었다.

3. 읍셋 인쇄 공정에서 이소프로필 알코올은 인쇄작업의 경우 산술평균 61.2ppm, 표준편차 30.8ppm, 기하평균 53.9ppm, 기하표준편차 1.7이었으며, 마무리 닦음 작업의 경우에는 산술평균 309.2ppm, 표준편차 381.4ppm, 기하평균 131.5ppm, 기하표준편차 4.1 이었다. 전체작업시간 동안 평균은 산술평균 73.4ppm, 표준편차 47.7ppm, 기하평균 60.5ppm, 기하표준편차 1.9로 나타났다.

4. 읍셋 인쇄공정에서 이소프로필 알코올의 마무리 닦음작업 노출량은 인쇄 작업시 노출량의 22%인 것으로 나타났다.

5. 스티커 인쇄 공정에서 측정한 톨루엔 농도는 인쇄 작업에서 산술평균 22.6ppm, 표준편차 10.1ppm, 기하평균 20.7ppm, 기하표준편차 1.6 이며, 마무리 닦음작업에서 산술평균 42.7ppm, 표준편차 24.9ppm, 기하평균 37.1ppm, 기하표준편차 1.7 이고, 전체 작업에서 산술평균 23.6ppm, 표준편차 10.3ppm, 기하평균 21.6ppm, 기하표준편차 1.5 이다.

6. 스티커 인쇄공정에서 톨루엔의 마무리 닦음작업 노출량은 인쇄작업시 노출량의 8%정도로 나타났다.

7. 스티커 인쇄 공정에서 측정한 이소프로필 알코올 노출 값은 인쇄 작업에서 산술평균 22.7ppm, 표준편차 8.9ppm, 기하평균 20.9ppm, 기하표준편차 1.5 이며, 마무리 닦음작업에서 산술평균 74.2ppm, 표준편차 102.0ppm, 기하평균 45.2ppm, 기하표준편차 2.6 이고, 전체 작업에서 산술평균 23.4ppm, 표준편차 9.4ppm, 기하평균 21.5ppm, 기하표준편차 1.6 이다.

8. 스티커 인쇄공정에서 이소프로필 알코올의 마무리 닦음작업 노출량은 인쇄작업시 노출량의 12%정도로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

- 고용노동부. (2103). 『작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시 (노동고시 제2013-39호)』. 경기: 고용노동부.
- 고용노동부. (2015). 『산업안전보건법 시행규칙』. 경기: 고용노동부.
- 고용노동부. (2016). 『화학물질 및 물리적인자의 노출기준(노동부고시 제 2016-41호)』. 경기: 고용노동부.
- 김효진. (2016). 『트리클로로에틸렌 세척공정에서의 트리클로로에틸렌 노출 농도 일간 변이에 관한 연구』. 서울: 한성대학교 대학원.
- 법률 제11862호. (2015). 『산업안전보건법』.
- 백남원, 박동욱, 윤충식, 신용철. (2002). 『작업환경측정 및 평가』. 서울: 신광출판사.
- 안진수. (2016). 『모 조선업 도장작업자 유기용제 노출 농도의 특성 및 일간변이에 관한 연구』. 서울: 한성대학교 대학원.

2. 국외문헌

ACGIH. (2016). *TLV & BEL*. Cincinnati: ACGIH.

ACGIH. (2016). *Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants*. Cincinnati: ACGIH.

NIOSH. (2016). *Manual of Analytical Methods(NMAM) 5th Edition*. Atlanta: NOISH.

NIOSH. (2016). *Manual of Analytical Methods(NMAM) 5th Edition*. Atlanta: NOISH.

NIH(U.S National Library of Medicine) *Toxicology data network* ,
<http://toxnet.nlm.nih.gov/>

Nelson A. Leidel, Kenneth A. Busch, Jeremiah R. Lynch. (1977).
『*OCCUPATIONAL EXPOSURE SAMPLING STRATEGY*
MANUAL. (NIOSH Contract CDC-99-74-75)』, 118-121.

Mary Eide. (2004). *Determination of the Sampling Rate Variation for SKC UMEx 100 Passive Samplers.Sandy UT 84070-6406*. NW, Washington DC: OSHA.

ABSTRACT

Characteristics of Exposure and Daily Variations of Toluene and IPA during the Normal Printing Process and After-shift Cleaning Process in an Offset Printing Shop

Dock Jin Kang

Major in Industrial Hygiene Engineering

Dept. of Mechanical Systems Engineering

The Graduate School

Hansung University

This study was conducted to evaluate characteristics of exposure and daily variations of toluene and IPA(isopropyl alcohol) during the normal printing process and after-shift cleaning process in an offset printing shop from 23 December 2016 to 12 January 2017. Total 13 days were measured during normal printing process and after-shift cleaning process. The results were as follows.

1. Daily exposure level of toluene was 98.2 ppm (N=13) during average working hour a day (490 minutes) in the offset printing process, which is 2 times of the Korean Exposure Limit(50 ppm) and 5 times of ACGIH-TLV(20 ppm). During the printing process, exposure concentration to toluene was 89.8 ppm. However, during after-shift cleaning process for 26 ± 12.3 minutes, exposure

concentration to toluene was 453.3 ppm.

2. Exposure dose of toluene which was obtained by combination of exposure duration and concentration for after-shift cleaning process was 34% of that for normal printing process in the offset printing.

3. IPA concentration was 61.2 ± 30.8 ppm (N=13) during average working hour a day (490 minutes) in the offset printing, which is below than the Korean Exposure Limit(200 ppm).

4. Exposure dose of IPA for after-shift cleaning process was 22% of that for normal printing process in the offset printing.

5. Daily exposure level of toluene was 22.6 ± 10.1 ppm (N=13) during average working hour a day (490 minutes) in the sticker printing process, which is approximately half of the Korean Exposure Limit(50 ppm) and but higher than the ACGIH-TLV(20 ppm).

6. Exposure dose of toluene for after-shift cleaning process was 8% of that for normal printing process in the sticker printing.

7. IPA concentration was 22.7 ± 8.9 ppm (N=13) during average working hour a day (490 minutes) in the sticker printing.

8. Exposure dose of IPA for after-shift cleaning process was 12% of that for normal printing process in the sticker printing.

【Keywords】 Toluene, Isopropyl alcohol, IPA, Offset printing, Cleaning process.