

# 인쇄전자 산업에서의 안전보건 문제 및 국제 표준화 동향

유 일 재 (호서대학교 융합기술연구소)

## I. 서론

인쇄기술은 물과 공기를 제외한 모든 물질을 사용하여 지식과 정보를 빠르게 전달하고 보존하는 기술이다. 인쇄기술은 인간의 문화 발전에 지대한 공헌을 하여왔다. 최근에 새롭게 등장한 인쇄전자 기술은 인쇄기술을 적용하여 기존의 반도체 진공공정에 기반을 둔 전자소자 공정이 코팅 pre-bake, 노광, 현상, post-bake, 검사 공정을 거치는 것을 인쇄기술공정을 이용하여, printing curing, 검사공정을 거쳐 간소화 하여, 비용을 줄이고, 기술의 유연화와 대면적 및 친환경 기술이 접목하여 신개념 전자제품을 창출할 수 있는 기술로 각광을 받고 있다. 특히 현재 우리나라 반도체 성장의 정체가 시작되고 있는데 반도체 공정이 고가공정이며 고집적화 방식이 한계에 봉착했기 때문이며, 반도체 강국인 우리나라기술의 침체가 예상되고 있다 인쇄전자는 독일과 일본을 중심으로 대규모 투자가 이루어지고 있으며, 기술경쟁이 가속화 되고 있으며 한국은 기술 후발주자로 연구개발 투자가 시작되고 있는 시점이다. 인쇄전자 산업은 향후 거대 시장으로 성장이 예상되며, 2012년 38억불의 시장에서 2020년 550억불의 시장이 되리라고 예상되며, 우리나라 강점인 전자 및 에너지 소자에서 신개념 제품 군 창출가능성이 크며 새로운 시장 형성이 예상되고 있다.

## II. 인쇄전자 기술의 표준화 동향

인쇄전자의 소재분야에서는 미국, 일본, 유럽에서 전

통적으로 높은 기술력을 보이고 있으며 미국은 2000년 초기 집중투자로 글로벌시장의 리더로 성장하고 있으며, 유럽은 대형 컨소시엄을 통한 연구개발 투자가 이루어지고 있다. 우리나라의 잉크 소재기술은 일본 등 소재 선진국과의 기술격차가 상당한 실정이다. 인쇄전자 장비분야에서는 선진국에서는 기존의 우수한 미디어 인쇄기술을 기반으로 고정밀 R2R 전자 소자 인쇄시스템을 개발 중에 있으며 현재 미국, 유럽 일본에서는 정부기관을 중심으로 컨소시엄을 구성하여 대규모 프로젝트를 수행하고 있으며, 대형연구소와 중소기업을 중심으로 태양전지, 디스플레이 등의 분야에서 원천기술을 확보코자 노력 중에 있다. 국내기술은 최근 수년간의 정부의 투자와 디스플레이 소자 제작 장비의 노하우로 선진국과 대등한 수준에 근접하고 있으며 초미세 패턴을 가지는 인쇄소자의 생산에 적합한 고중첩 정밀도를 가지는 인쇄장비의 개발이 필요한 실정이다. OLED 분야에서는 선진국은 기존의 조명업체를 중심으로 기술개발이 진행되고 있으며, 낸드플래시 분야에서는 국내의 디스플레이 업계 강자들이 인쇄공정이 적용된 디스플레이 제품양산을 목표로 개발 중에 있다.

인쇄전자의 기술은 인쇄, 정밀기계, 나노, 전자기술 등의 전혀 다른 배경기술들이 융복합된 기술이며 인쇄기술의 속성상 초정밀 인쇄를 위해 잉크 기관 장비 등의 요소가 정확하게 매칭되어야 하며 각 부분간의 통일된 표준이 필요하며, 인쇄전자 산업의 성장을 위해 국제적으로 통일된 국제표준 체계가 필요하게 되었다. 이에 따라

세계 인쇄전자 연구 그룹들을 중심으로 표준화 필요성이 제기 되었으며 우리나라는 IEC SMB(International Electrotechnical Commission, Standardization and Management Board)에 인쇄전자 분야 신규 기술위원회 설립을 2011년 6월에 제안하였으며, 2011년 9월 인쇄기술위원회 IEC 119 설립을 승인 받았으며, 간사국의 지위를 부여 받았다. (한국이 간사국의 지위를 가지고 있는 국제표준기술위원회는 몇개에 불과함) 첫번째 IEC 119 총회가 2012년 5월 서울에서 개최되었다. 현재 P-member(정식 회원국)가 11개국이며, O-member(옵저버) 8개국으로 구성되었으며, 정식 실무위원회는 발족하지 않았지만 용어(Terminology, 영국), 재료(Materials, 일본), 장비(Equipment, 한국), 인쇄성(printability, 한국), 소자 및 제품(Devices and Products, 중국) 5개 Ad hoc 그룹이 구성 되어 있다. 향후 국제 표준 선점을 위해 치열한 경쟁이 진행되리라고 본다.

### III. 인쇄전자 산업에서의 안전보건문제

인쇄전자에서의 안전보건환경 문제는 인쇄전자기술의 지속 가능한 발전을 위해 꼭 확보되어야 할 문제라고 본다. 기존의 전통적인 인쇄업종에서 발견된 작업장의 안전보건 문제가 인쇄전자 업종에서도 발견되리라고 예상되며, 새로운 물질과 장비의 도입으로 추가적 안전보건 문제가 예상이 된다[표 1].

전통적인 인쇄업에서는 컴퓨터 단말기 조작에 의한 VDT증후군(Video Display Terminal Syndrome)이 많이 발견되었으며, 이런 증후는 인쇄전자업에서도 발생되리라고 예상된다. 그리고 무엇보다도 전통적 인쇄업에서 가장 빈번하게 발생하는 유기용제에 의한 건강장해 특히 신경독성, 간, 신장독성, 혈액독성, 접촉에 의한 피부독성 등이 인쇄전자업에서도 발생되리라고 예상되며 특히 인쇄전자업에서는 나노입자를 인쇄에 적용하기 위한 신규 화학물질이 도입되는바, 위해성이 검증되지 않는 화학물질이 사용될 우려가 있으며 이런 화학물질 노출에 의한 신종직업병이 발생할 우려가 있다. 기존의 반도체 공정인 clean 공정에서도 입자관리는 잘하고 있었으나 세척

[표 1] 전통적 인쇄업종에서의 작업장 안전보건문제와 인쇄전자업종에서 예상되는 안전보건 문제

주요안전보건 문제	전통적 인쇄업	인쇄전자업 예측 안전보건 문제
컴퓨터단말기 조판편집	VDT 증후군	유사 증후
유기용제	유기용제 노출에 의한 신경, 간, 신장, 혈액, 피부 독성	신규 유기용제에 의한 독성
자외선	피부 및 안 손상	유사 손상
크롬에 의한 건강장해	감광액의 중크롬산암모니움 용액에 의한 중독	-
난청	소음성 난청	유사 증상
분진	분진	전도성 나노분진에 의한 건강장해 및 안전문제 (예 방폭사고)
근골격계 질환	요통, 경건완장애	유사 증상
재해 및 사고	협착, 절단	유사 사고

제로 사용되는 유기용제 관리가 가장 어려운 점이었고, 이런 결과로 현재 모 전자 근로자의 백혈병 발생과 같은 사태를 야기하였다. 따라서 인쇄전자업에서도 특별한 유기용제의 관리가 요구되고 있다. 또 유기용제의 특성상, 호흡기 노출뿐만 아니라 피부로도 노출되는바, 인쇄업종 근로자의 안전보건을 위한 작업환경관리 대책 및 안전보건교육이 필요하다고 본다. 그리고 최근 인쇄전자에서는 전도성 나노잉크를 사용하고 있는바, 이런 나노잉크 재료에 대한 위해성이 검증되지 않은 나노잉크의 노출에 의한 근로자의 건강장해도 우려되고 있는바, 나노입자의 노출관리 및 저감대책이 특별히 요구되고 있다. 우리나라에서는 최근 은나노 인쇄 업체에서의 근로자의 은중독 사태도 보고된바 있다. 그리고 전통적 인쇄업에서 문제가 되어온 소음에 의한 난청도 현재의 R&D 단계에서는 크게 우려할 수준이 아니지만 인쇄 규모가 커지고 대량의 인쇄설비가 설치되면 소음의 수준도 높아질 우려가 있어 소음관리 대책도 필요하다. 특히 소음의 저감은 공학적으로 아주 어려운 부분이어서 설계단계부터 소음관리에 특별한 주의가 필요하다. 또한 인쇄업에서는 중량물질의 운반에 의한 요통이나 경건완 장애가 유발될 수

있는바 적절한 인간공학적인 대책으로 경건완 장애를 예방해야 하며, 인쇄업에서의 절단기의 사용에 의한 손가락의 절단 및 Roll to roll 인쇄기에 의한 손가락의 협착이 인쇄전자에서도 예상되는바 이에 대한 안전대책이 필요하다. 그리고 고압가스의 사용하는 작업장에서는 가스탱크의 외부설치가 권유되며, 외부에 설치할 수 없을 시 grounding 및 가스탱크의 고정 필요하다.

인쇄전자 사업장의 노출관리 및 저감대책으로는 주기적인 노출평가에 의해 근로자의 노출상태를 파악하고 노출이 예상되는 공정에 대해서는 공학적인 대책이 필요하다. 공학적인 대책으로 최상의 대책은 위험공정은 밀폐하는 것이 최상이나 그러지 못할 경우에는 국소배기를 설치하여 노출을 저감하여야 하며, 근로자의 노출을 줄이기 위한 행정관리적인 방법이 필요하다. 특히 방진 및 방독마스크의 사용이 권장되고 있지만, 착용근로자의 불편함과 단기적인 대책임을 인지하고 이는 노출저감의 최후의 조치임을 인지하여 공학적인 대책을 수립하여야 한다. 그리고 인쇄전자 사업장에 유입되는 유기용제를 포함한 화학물질과 나노물질들의 유해위험성 정보를 파악하기 위해 판매자에게 MSDS(material safety data sheet, 물질안전보건자료)를 요구하고 정확한 정보가 제공되었는지를 파악하고, 근로자에게 정기적인 교육을 실시하여야 한다. 특히 신규화학물질이나 나노물질에 대한 유해위험성 정보는 대부분이 부실한 경우가 많아 특별한 주의가 필요하다.

고용노동부의 산업안전보건법이나 교육과학부의 연구실 안전환경 조성에 관한 법에 의해 정기적으로 작업환경 측정을 실시하여야 하며, 유해물질 취급 근로자나 연구자에게는 일반건강진단 외에서 특수건강진단을 실시하여 유해물질 취급 연구자나 근로자의 노출상태와 건강상태를 파악할 필요가 있다.

#### IV. 전 망

지속가능한 인쇄전자 산업의 발전을 위해서는 무엇보다 신기술 도입 초기단계부터 안전보건에 대한 사항을 고려하여야 하며, 이는 근로자의 안전보건 문제뿐만 아

니라 최근 국제교역에서도 안전보건 문제가 고려되고 있는바 인쇄전자 산업의 밝은 미래를 위해 무엇보다 선행되어야 할 문제라고 본다. 그리하여 현재 인쇄전자 산업의 작업환경 실태를 파악하고 이에 따른 안전보건 지침을 개발하여 국제표준화 하는 작업을 진행하고 있다. 이 표준에서는 화학물질, 유기용제, 나노물질의 유해성, 인쇄전자 작업장의 주요 유해위험성 및 이의 관리, 노출평가, 노출저감, 인쇄전자 작업장의 위해성평가, 건강감시 등에 대한 사항에 대한 지침이 포함될 것으로 예상되며, 개발부터 종료까지는 3년 이상이 소요될 것으로 본다.

### 저 자 약 력

#### 유 일 재



- 1989년 : 뉴욕주립대학교 Downstate Medical Center 병리학 박사
- 미국독성전문가(DABT), 미국산업위생기술사(CIH), 미국안전기술사 (CSP), 영국-EU 등록 독성전문가, 미국등록 GLP 신뢰성보증전문가
- 1989년~1992년 : Cold Spring Harbor 연구소 post-doc
- 1992년~2006년 : 안전보건공단 화학물질안전보건센터 소장
- 2006년~2009년 : 한국건설생활환경시험연구원 안전성평가본부 본부장
- 2009년~현재 : 호서대 융합기술연구소 교수
- 2007년~현재 : ISO TC 229(나노기술)project leader
- 현재 : 미국 EPA 과학기술자문위원회 위원
- 현재 : EC 위해성평가 자문위원회 위원
- 관심분야 : 나노기술안전, 및 인쇄전자기술 안전보건