

# 인쇄전자소자용 그라비아/오프셋 프린팅 장비 개발

허운행, 윤성식 | (주)웍스  
허성준 | (주)블루시스

## [ 요약문 ]

최근 전자소자의 제조공정에 있어서 인쇄전자를 적용하여 고가이면서 화학물질이 많이 배출되는 기존의 제조공정을 대체하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 인쇄전자를 적용하기 위해서는 기존 공정 대비 생산비의 절감과 대량생산을 요구하고 있으며, 그 요구를 만족시킬 수 있는 인쇄전자 기술로는 롤투롤(R2R, Roll to Roll) 인쇄방식이 대표적이라 할 수 있다. 롤투롤 인쇄방식과 그라비아(Gravure)/그라비아오프셋(Gravure offset) 인쇄방법을 적용하면 낮은 비용으로 대량의 전자소자 생산에 쉽게 접근 할 수 있다. (주)웍스는 인쇄전자 기술의 활성화를 위하여 롤투롤-그라비아/그라비아오프셋 인쇄를 적용한 인쇄전자소자용 인쇄, 코팅장비를 개발·제작하고 있다.

## 1. 서론

인쇄전자(Printed Electronics)란 플렉서블 디스플레이(Flexible Display), RFID tag, 태양전지, E-Book, Touch Screen Panel 등을 제작하는데 있어서 전도성, 반도체성, 절연성의 기능성 잉크소재를 직접 인쇄하는 기술을 통해 기존의 진공공정과 여러 가지 화학물질을 배출하는 공정을 대체하여 전자소자 등을 제조하는 것이다. 인쇄전자 기술을 이용하면 인쇄공정 한가지만을 통해 값싸게 전극과 트랜지스터를 만들어 전자회로를 구성할 수 있을 뿐만 아니라 대량으로 전자소자 생산이 가능하다.<sup>[1,2]</sup>

그림 1은 기존 생산공정과 인쇄전자 적용 개념을 보여주고 있다.

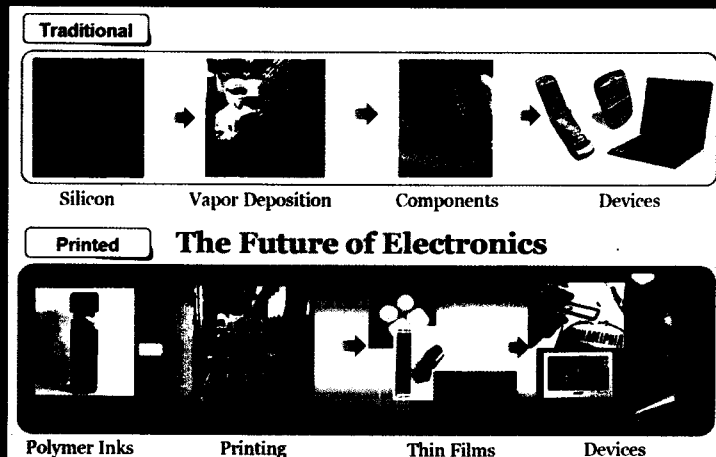


그림 1. 전자소자의 기존공정과 인쇄전자



전자소자에 있어서 인쇄전자 적용을 통해 저가의 대량생산을 하기위한 방법 중 하나로 롤투롤(Roll to Roll) 인쇄 기술을 그 예로 들 수 있으며, 롤투롤 인쇄 기술의 연속공정을 이용한 전자소자의 생산 기술은 최근 디스플레이, 태양전지, e-book 등의 분야에서 크게 주목 받고 있다. 전자소자를 롤투롤 방식으로 제작하기 위해서는 기존 미디어 인쇄 기술뿐만 아니라 인쇄장비, 잉크, 소재, 기관, 패턴(Pattern), 인쇄공정 등의 상호간 매칭이 적절하게 잘 이루어져야만 한다.<sup>[3]</sup>

본 연구에서는 롤투롤 인쇄방식 중 그라비아(Gravure)/그라비아오프셋(Gravure offset) 방법을 적용한 당사의 인쇄전자소자용 인쇄 장비개발에 대한 내용을 소개하고자 한다.

## 2. 롤투롤 그라비아/그라비아오프셋 인쇄장비

인쇄전자소자를 제작하기 위한 인쇄기술에는 그라비아, 그라비아오프셋, 플렉소(Flexo), 스크린(Screen), 잉크젯(Ink-jet) 등이 있으며, 그 중 요판 인쇄의 일종으로 요철을 형성한 원통형 인쇄판(Pattern Roll)에 잉크를 묻혀 볼록한 부분에 묻는 잉크를 긁어낸 후 오목한 부분에 들어간 잉크를 피인쇄물(필름 및 기관)에 전사하는 그라비아, 그라비아와 같은 방법을 적용하고 잉크를 인쇄판에서 고무블랭킷(Blanket)으로 전사하여 블랭킷의 잉크를 다시 피인쇄물에 전사하는 그라비아오프셋 기술을 그 대표적인 예로 들 수 있다. 그라비아/그라비아오프셋 인쇄는 10~20 $\mu$ m의 얇은 패턴 정밀도를 가지기 때문에 다른 인쇄기술에 비해 다양한 분야에 적용 할 수 있다. 그림 2는 그라비아오프셋 인쇄방법을 나타내고 있다.<sup>[4,5]</sup>

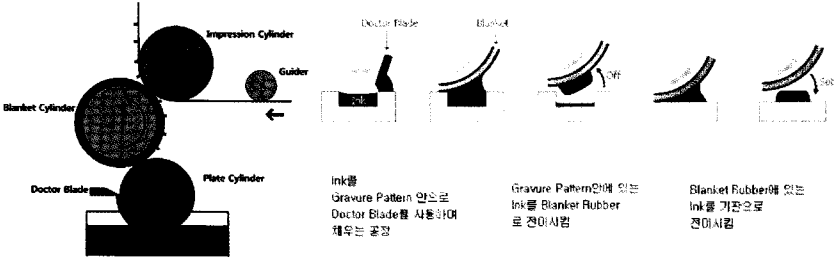


그림 2. 그라비아오프셋 인쇄

당사는 기본적으로 그라비아오프셋 인쇄방법을 적용하여 롤투롤, 롤투피(R2P, Roll to Plate) 방식의 인쇄장비를 개발하고 있으며, 그라비아와 그라비아오프셋 두 가지 방법을 선택적으로 활용할 수 있도록 하여 장비 활용의 다양성을 추구하였다.

### 2.1 인쇄장비 설계와 제작

장비의 최적 설계를 위해 인쇄 장비에서 인쇄공정을 수행하기위한 공정개념을 정립하고, 그 공정개념에 따라 공정이 구현될 수 있도록 하였으며, 동일 인쇄공정 2개를 연속적으로 구성하여 1도 인쇄뿐만 아니라 2도 인쇄가 가능하도록 하였다. 그림 3은 인쇄 장비 설계에 반영된 공정개념이다.

정립된 공정개념을 구현하기 위해 피인쇄물 이송부, 장력제어부, 인쇄부, 검사부, 건조부 등 크게 5개로 구성했다. 피인쇄물인 필름은 이송부에 의해 이송이 되고, 이송되는 필름은 장력제어기에 의해 항상 일정한 장력을 가지도록 하여 인쇄부를 통과하며 인쇄가 이루어지고, 인쇄된 결과물은 검사부를 통해 인쇄상태가 확인되며 건조부로 이송되면서 건조가 이루어지고 리와인더(Rewinder)부에 최종적으로 감기게 된다.

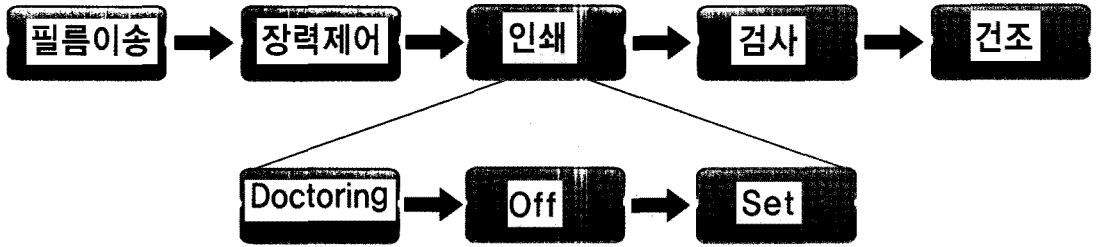


그림 3. 롤투롤 인쇄 장비의 공정개념

피인쇄물(필름) 이송부는 리와인더부와 언와인더(Unwinder)부로 세분화하고 장력제어를 통해 항상 일정한 장력을 유지하면서 피인쇄물이 이송될 수 있도록 하여 인쇄 시 품질에 영향을 주지 않도록 하였다. 인쇄부는 그라비아옵셋 인쇄방법을 구현하기 위하여 인쇄판의 잉크를 긁어내는 닥터블레이드(Doctor Blade)와 실제 인쇄를 하기 위한 인쇄판롤(Pattern Roll), 블랑켓롤(Blanket Roll), 임프레션롤(Impression Roll) 등 총 3개의 롤로 구성되어 있다. 인쇄공정은 인쇄판롤과 임프레션롤이 상·하로 이동하여 블랑켓롤에 닿게 하여 보다 효율적인 연속인쇄공정이 이루어질 수 있도록 하였다. 각 구성 롤의 상·하 이동부분은 잉크전사에 필요한 최적 압력을 유지 할 수 있도록 로드셀(Load cell)을 적용하여 압력 제어가 가능하도록 하였다.

검사부는 2개의 카메라(Camera)가 상·하·좌·우 이동이 가능하도록 설계되어 건조 전·후에서 인쇄된 패턴(Pattern)의 상태와 품질을 실시간으로 판독할 수 있도록 하였고, 건조부는 적외선램프(IR, Infrared Lamp)를 구성하여 피인쇄물에 인쇄된 잉크를 건조할 수 있도록 하였으며, 적외선램프 뿐만 아니라 열풍건조 및 UV램프(Ultraviolet Lamp)도 적용 중에 있으며 각 건조방법을 복합적으로 사용하는 방안도 검토 중에 있다. 당사는 상기의 설계를 기반으로 하여 2개 이상 공정의 연속적 구성을 통해 1도 인쇄와 2도 인쇄 및 1도 인쇄와 2도 코팅 등이 가능하도록 설계 내용을 확장하고 있다.

각 구성부 제작을 위한 제작도면 작성에 있어서는 3D 모델링을 통해 장비 구성품간 간섭 또는 오류 사항을 확인하였으며 각 구성품에 대한 구조해석을 수행하여 안정성을 확보하였고, 그 결과에 따른 설계변경을 통해 2D화 하는 과정을 거쳐 최적화된 설계를 진행하였다. 그림 4는 롤투롤 2도 인쇄 장비로 2010년 제1회 국제인쇄전자산업전에 전시한 사진이며, 그림 5는 롤투롤 인쇄 장비의 3D 모델링과 제작된 장비를 나타내고 있다.



그림 4. 롤투롤 2도 인쇄 장비(2010년 제1회 국제인쇄전자산업전 전시회)

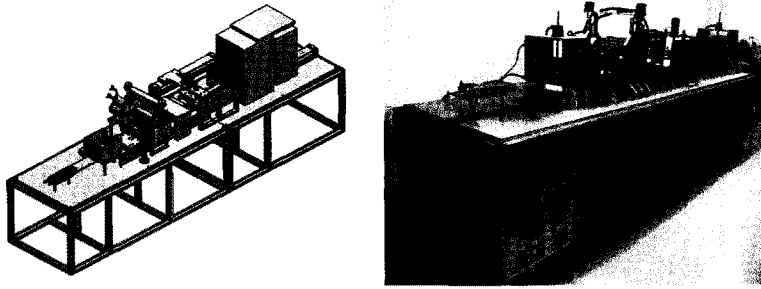


그림 5. 롤투피 2도 인쇄 · 코팅 장비 3D 모델링 및 제작품

## 2.2 통합제어

인쇄공정을 수행하는데 있어서 각 구동부품 간의 상호 유기적인 움직임과 연속적인 공정을 수행하기 위하여 통합 제어 및 개별제어가 가능한 프로그램을 구현하였다.

한 개의 제어 프로그램에서 이송 · 인쇄 · 검사 · 건조 · 결과물적층 등이 모두 이루어 질 수 있게 하기 위하여 각 구성부의 움직임이 연속성을 가질 수 있도록 제어 알고리즘을 설계하였고, 설계된 알고리즘과 사용자 편의성을 고려하여 소프트웨어를 설계, 프로그램을 개발하였다.

인쇄 장비의 구동 및 제어에 있어서 통합제어와 각 구성부별 개별제어가 가능하도록 구분하여 실험자의 편의성을 도모하였고, 환경설정을 통해 구성품의 구동속도 · 구동거리 · 압력제어를 위한 설정 값을 최적화 할 수 있도록 하였다. 또한 당사는 각종 재료실험을 수행하면서 획득한 장비사용의 노하우를 지속적으로 반영하여 UI(User Interface) 및 공정향상에 필요한 제어요소와 기법들을 보완하여 양질의 통합제어프로그램 개발을 위한 연구를 계속 진행하고 있다. 그림 6은 통합제어를 위한 구성품 제어 다이어그램과 통합제어 프로그램을 나타내고 있다.

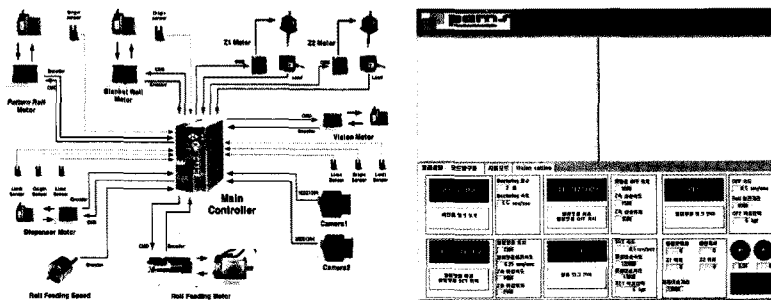


그림 6. 구성품 제어 다이어그램과 통합제어 프로그램

## 2.3 장비의 적용

앞서 기술된 내용을 바탕으로 설계 · 제작된 롤투롤 인쇄 장비와 롤투피 인쇄 장비는 각각 다른 공정을 적용하여 인쇄 시험을 수행 할 수 있으며, 현재 구동 안정성 등의 확인을 진행 중에 있다.

롤투롤 인쇄 장비의 경우는 필름기판등 유연성 기판 적용을 목적으로 그라비아/옵셋 인쇄+그라비아/옵셋 인쇄, 그라비아/옵셋 인쇄 + 그라비아 인쇄 · 코팅, 그라비아/옵셋 + 플렉소 인쇄 · 코팅이 가능하도록 하여 2도 중첩 인쇄 · 코팅을 할 수 있다.

롤투피 인쇄 장비의 경우 유리 기판 또는 플라스틱 기판 등에 적용하는 것을 목적으로 그라비아옵셋 인쇄 + ESD(Electrostatic Spray Deposition)코팅, 그라비아 인쇄 + ESD코팅이 가능하도록 하여 2도 인쇄 · 코팅을 할 수

있도록 구성하였다.

당사는 보유하고 있는 롤투롤 및 롤투피 장비를 이용하여 잉크, 블랑켓 등의 소재업체와 연구소의 요청을 받아 각종 인쇄특성, 공정실험을 수행하고 있으며, 인쇄판의 패턴(Pattern)은 20 $\mu$ m, 30 $\mu$ m, 40 $\mu$ m, 50 $\mu$ m의 선폭과 5 $\mu$ m의 깊이로 각각에 대하여 수직, 수평, 방사, 굴절형의 모양으로 기본 인쇄판을 제작하였고, 실버(Ag) 기반의 나노(Nano)잉크를 사용하였다. 향후 여러 가지 패턴의 선폭과 깊이, 형상으로 인쇄판을 제작하여 인쇄시험을 수행하여 개발·제작된 장비의 적용분야 확대 가능성을 높일 계획이다.

그림 7은 인쇄 시험 결과물과 통합제어 프로그램에서 확인된 인쇄 결과물을 검사부 카메라로 판독한 것이다.

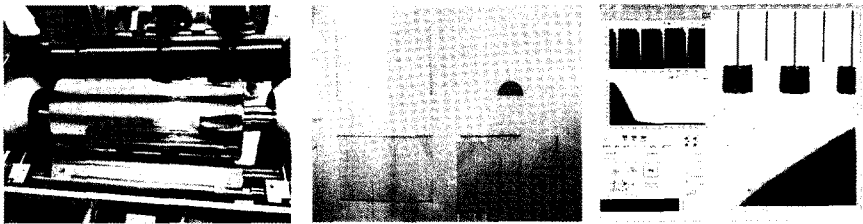


그림 7. 인쇄판물, 인쇄물, 인쇄 패턴 검사

### 3. 결 론

당사는 롤투롤, 롤투피 인쇄방식을 기본으로 그라비아, 그라비아오프셋 인쇄방법을 적용하여 전자소자용 인쇄장비를 개발·제작하였고, 1도 인쇄 장비 제작에 적용된 공정개념을 확장하고 인쇄부 추가구성을 통해 중첩인쇄가 가능한 2도 인쇄·코팅 장비를 설계·제작하였다.

롤투롤, 롤투피 방식을 적용하여 유연한 필름기판과 유리 및 플라스틱 등의 기판을 소재로 한 인쇄 시험이 가능한 장비를 개발하여 인쇄 장비의 다양성을 확보하였으며, 인쇄 결과물에 있어서는 장비의 특성과 인쇄판의 패턴에 적합한 잉크와 블랑켓이 인쇄품질에 많은 영향을 끼친다는 것을 알 수 있었고, 인쇄전자를 이용한 전자소자의 생산을 위해서는 소재의 특성을 고려한 장비와의 매칭 기술 또한 매우 중요하다는 사실을 알게 되었다.

당사는 장비 개발과정에서 지속적으로 각 부분의 매칭과 실험특성 등을 반영하여, 당사가 제작하는 장비의 다양성 확보 및 안정성과 신뢰성을 갖춘 인쇄전자 장비의 전문업체가 되도록 노력할 것이다.

### 후 기

본 연구는 중소기업청 재원의 중소기업기술개발지원사업과 지식경제부 재원의 2009년 녹색기술연구성과사업의 과제로 현재 수행 중이다.

### ✽ 참고 문헌

- [1] Jae Ho Noh, Taik-Min Lee, Jeongdai Jo, Dong-Soo Kim, "Study on the Reliability of Gravure Offset Printing Depending on the Printing Pressure and Speed", KSME, 2009



- [2] Chung Hwan Kim, Byung Oh Choi, Byung Soon Ryu, Kyu Jin Lim, Myung Hoon Lee, Dong Soo Kim, "Roll-to-Roll Gravure Offset Printing System for Printed Electronics", KSME, 2007
- [3] I.K.You, J.B.Koo, Y.Y.Noh, B.G.Yu, "인쇄전자 기술동향", 전자통신동향분석 Vol.24, No.6, 2009
- [4] H. W. Kang, H. J. Sung, T. M. Lee, D. S. Kim, "Experimental Study of Liquid Transfer at the Micro-gravure-offset Printing by Controlling the Surface Contact Angle", KSPE, 2008
- [5] 김성한, "Printed Electronics의 최신기술 및 시장동향", 한국과학기술정보연구원, 2008



허운행

· (주)멤스 대표이사  
· 관심분야 : 인쇄전자소자, 인쇄전자장비  
· E-mail : woon@pems-korea.com



윤성식

· (주)멤스 연구개발팀장  
· 관심분야 : 인쇄전자소자, 인쇄전자장비, 구조해석 및 시스템 설계  
· E-mail : ssyoon@pems-korea.com



허성준

· (주)블루시스 연구개발팀장  
· 관심분야 : 인쇄전자장비 공정 제어, 시스템 설계  
· E-mail : sjheo@blue-sys.co.kr