



옵셋 프린팅 기술과 인쇄전자

Offset Printing Technology and Printed Electronics

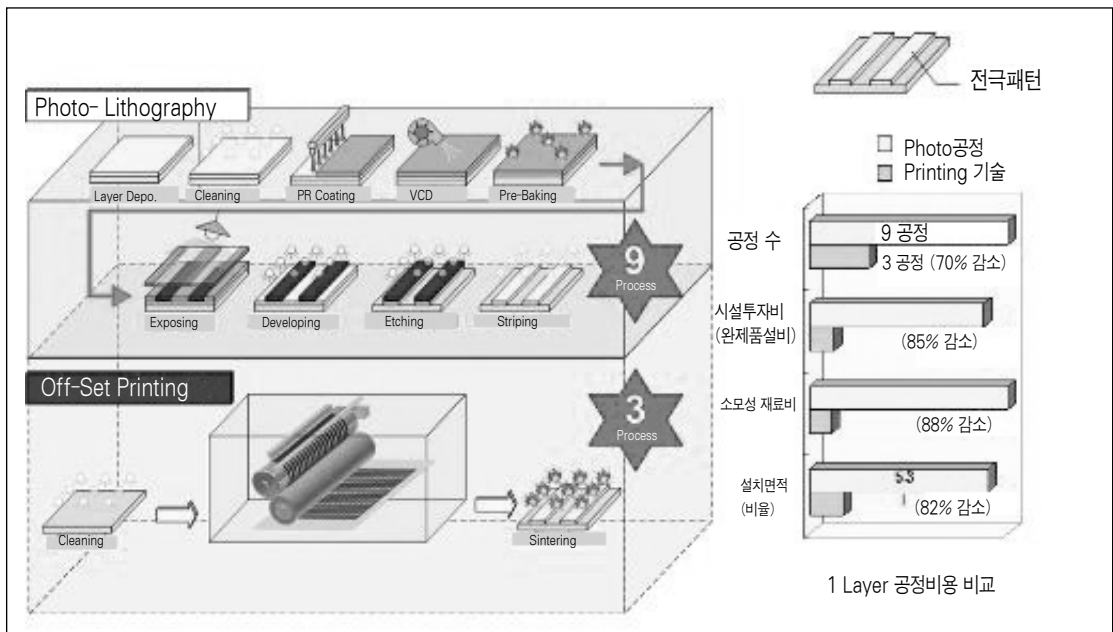
채 호 철 / 에스에프에이(SFA) 수석연구원

1. 전자산업과 인쇄기술

정보 전달의 매체로써 수 백년간 발전을 거듭해 온 인쇄기술이 전자산업 분야에서도 새로운 조명을 받고 있다.

근래에 사용되고 있는 신조어로 인쇄전자(Printed Electronics)란 기존의 전자제품을 생산하는 방식에서 탈피하여 직접 패턴(Direct Pattern)을 형성하는 인쇄법으로 만들어진 전자소자 혹은 전자제품을 의미한다.

[그림 1] 노광공정과 인쇄공정 비교(전극형성공정 비교)



[표 1] 각종 일반 인쇄법 비교

인쇄기법	인쇄 막두께(μm)	인쇄패턴 최소크기(μm)
스크린 인쇄	30~100	100
잉크젯	<1	40
플렉소	0.8~2.5	80
옵셋	0.5~2	40
그라비아	<10	60

현재 전자제품 제조의 대표적인 공법이라고 할 수 있는 노광공정(Photo-lithography)역시 어원상 인쇄법으로 분류하는 경우도 있으나, 포토마스크를 원판으로 사용하고, 후속 공정으로 현상(Development)과정을 거치는 등 간접적인 Pattern을 형성하는 점에서 인쇄전자분류에서 제외된다. 오히려 인쇄전자 기술은 고가의 노광 공정을 대체하기 위한 친환경 신공법으로 주목 받으면서 노광공정의 반대 분류로의 의미를 더해가고 있다.

기존의 노광공정을 사용하는 전자제품 제조법을 인쇄공정으로 대체하게 되면 소요 공정수가 간단해 지면서 시설투자비, 재료비 및 유지비용을 약 80% 절감할 수 있으며 노광공

정에서 필연적으로 발생하는 현상액, 에칭액, 박리액 등의 약액 폐기물 발생을 감소시킬 수 있다.

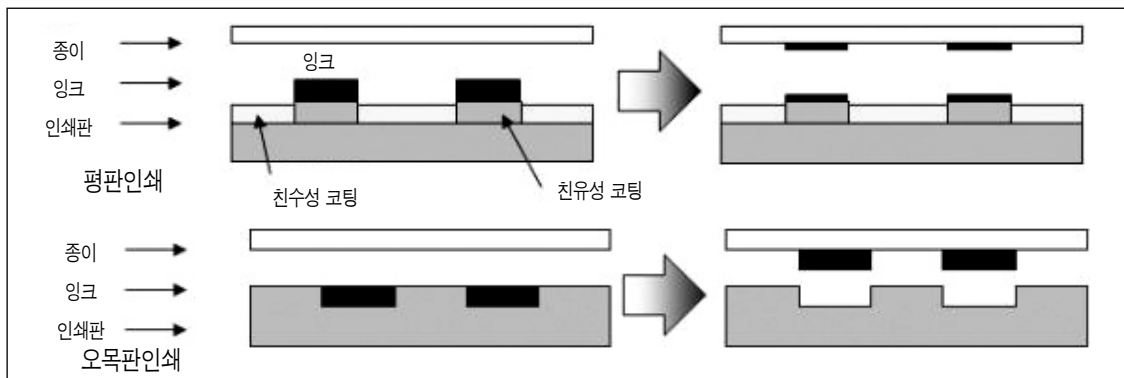
인쇄전자 관련 주요 인쇄법은 스크린 인쇄, 잉크젯 인쇄, 옵셋 인쇄 등이 있다.

스크린 인쇄법은 인쇄전자와 관련하여 100μm 이상의 선폭 패턴을 가지는 PCB 및 각종 배선 인쇄공정에 보편적으로 이미 사용하고 있다. 그러나 고도로 집적화되는 전자부품의 추세에 비하여 구현 가능한 최소 선폭이 이미 기술적 한계에 도달한 상태이고, 실험실 수준의 연구결과로는 100μm급 이하 선폭 인쇄를 시도한 경우가 있으나 양산적용을 위한 신뢰성 확보가 미흡한 실정이다.

잉크젯의 경우 스크린 인쇄 대비 더욱 미세한 패턴으로 구현 가능하나 잉크를 젯팅(Jetting)하여야 하는 관계로 저점도 잉크를 사용하게 되며, 결과적으로 인쇄 막두께가 지나치게 얇게 형성되는 점이 인쇄전자의 전도성 배선 형성시 약점으로 작용하게 된다.

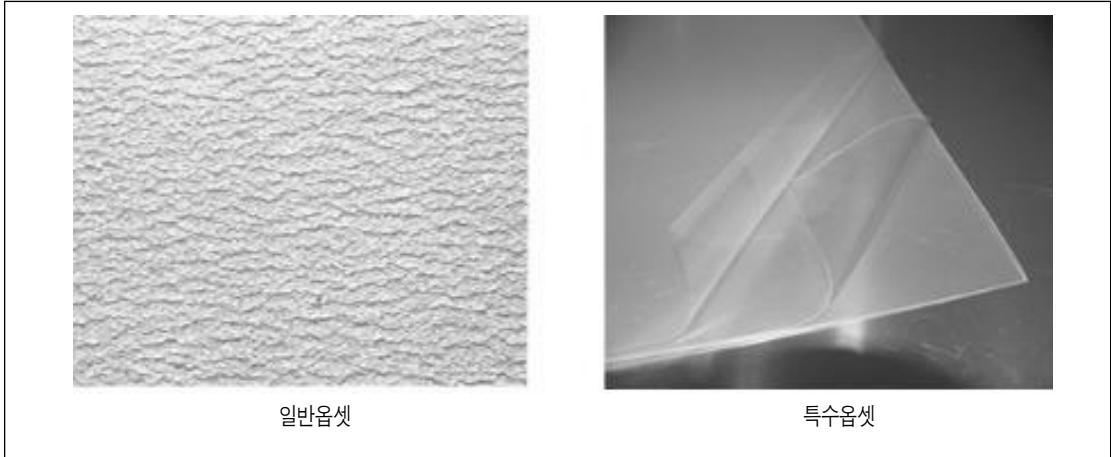
뿐만 아니라 잉크젯 인쇄법의 느린 출력속도

[그림 2] 평판인쇄와 오목판 인쇄





[사진 1] 일반 옴셋 인쇄와 인쇄전자용 특수 옴셋 인쇄 블랭킷 비교



는 산업현장에서 요구하는 생산속도에 충족하지 못하는 경우가 많다.

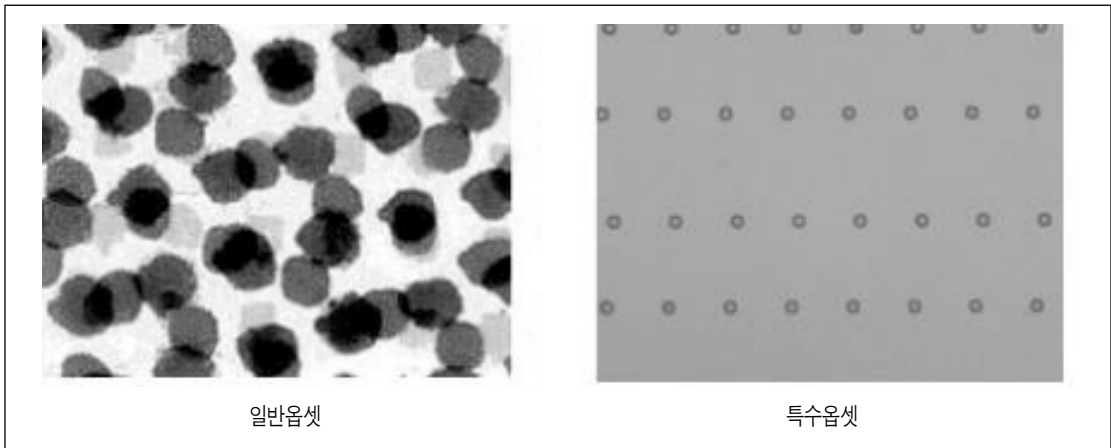
옴셋 인쇄법은 이상의 스크린 인쇄와 잉크젯 인쇄의 단점을 상쇄하고 고해상도 패턴 형성이 가능하므로 근래 인쇄전자 분야 여러 공정에서 연구개발 혹은 양산기법으로 활용되고 있다.

2. 일반 옴셋과 인쇄전자 특수 옴셋

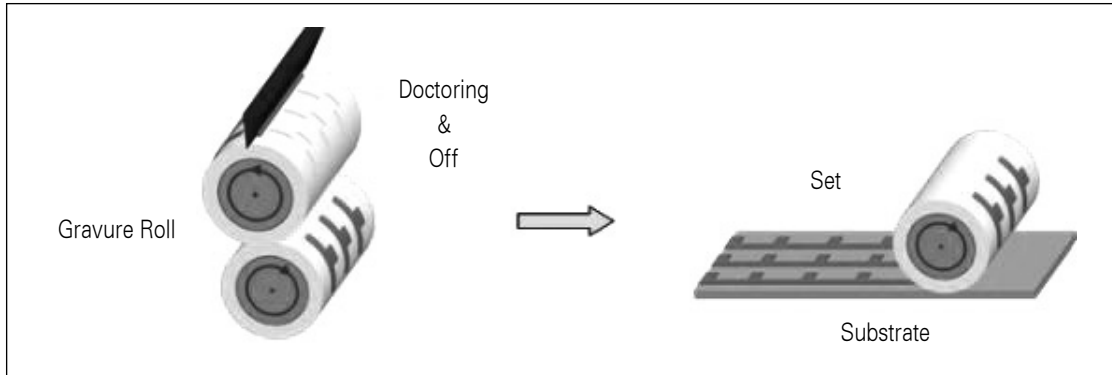
일반 제지 옴셋 인쇄에서는 인쇄 원판은 평판을 사용하고 블랭킷(Blanket)을 이용하여 잉크를 원판으로부터 떼어낸 후(Off) 인쇄대상물에 부착(Set)하게 된다.

인쇄전자에서 통상적으로 호칭하는 옴셋 인

[사진 2] 일반 옴셋 인쇄와 인쇄전자용 특수 옴셋 인쇄의 패턴 Sharpness 비교



[그림 3] 롤 그라비어 옵셋 인쇄 개념도



쇄는 일반 제지 옵셋 인쇄와 달리 원판으로 오목판을 사용하며 특히 그라비어(Gravure)제판을 이용하는 경우는 그라비어 옵셋 인쇄라고 부르고 있다.

이런 의미에서 그라비어 옵셋 인쇄를 로터리 패드 인쇄(Rotary Pad Printing)로 칭하는 경우도 있다.

일반 옵셋, 인쇄전자용 특수 옵셋인쇄 모두 블랭킷을 사용하지만, 블랭킷의 특성 또한 서로 상이하다. 일반 옵셋 인쇄용 블랭킷은 부직포 위에 경화된 실리콘 층을 연마하여 제작되는데 그 표면은 연마흔을 가지게 되며 인쇄 후에도 잔존 잉크가 블랭킷 표면에 잔류하게 된다.

인쇄전자용 특수 옵셋 인쇄의 경우 강화 PET 필름상에 고풍탄도를 가지도록 실리콘을 도포하고 그 표면은 경면을 가지도록 경화하여 제작되며, 인쇄 후 블랭킷 표면의 잉크는 100% 인쇄대상물로 전이되게 된다. 따라서 최종 인쇄물의 선예성(Sharpness)은 극단적인 차이를 보이게 된다.

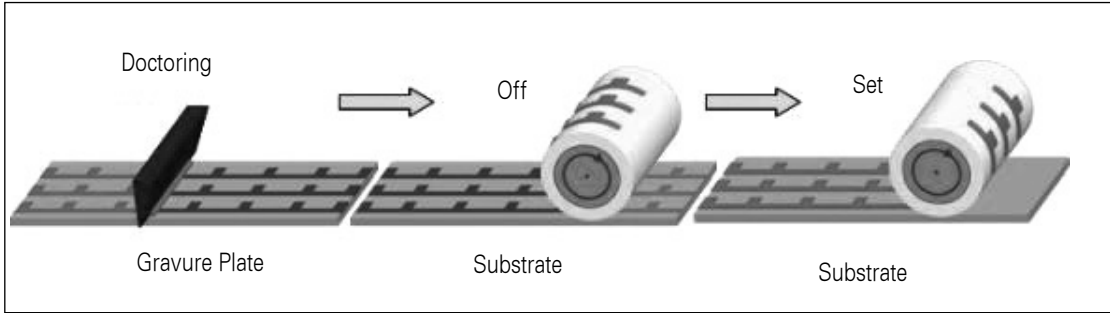
3. 인쇄전자와 옵셋 인쇄의 종류

전술한 바와 같이 인쇄전자 관련 옵셋 인쇄는 원판으로 오목판을 사용하는데 오목 패턴내에 잉크가 채워지는 원판의 형상이 원통 혹은 판재인 것을 구분하여 각각 롤 그라비어 옵셋(Roll or Cylinder Type Gravure Offset)인쇄, 판 그라비어 옵셋(Plate type Gravure Offset)인쇄라고 부른다. 일반 그라비어 인쇄와 마찬가지로 그라비어 옵셋 인쇄에서도 도터날이 잉크를 머금은 채로 원판을 쓸고 지나가면서(Wiping) 오목패턴에 잉크를 충전시키고 충전된 잉크가 최종적 블랭킷으로 전이된 후 패턴으로 인쇄된다.

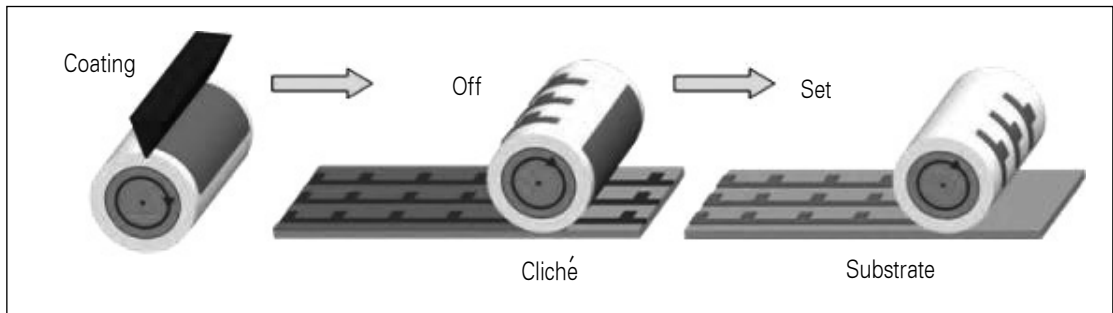
인쇄전자에서는 원판이 롤 혹은 판재로 나뉘더라도 인쇄대상물은 대체로 인쇄대상물은 판재형태로 존재하게 되는데, 그 이유는 연속 공급(Countinuous Feeding)과 함께 인쇄가 이루어 질 경우 인쇄물의 위치보정(Align)단계에 예로사항이 발생하여 절대 위치정밀도가 나빠지기 때문이다. 따라서 필름기재에 인쇄가 이루어



[그림 4] 판 그라비어 오프셋 인쇄 개념도



[그림 5] 반전 오프셋 인쇄 개념도



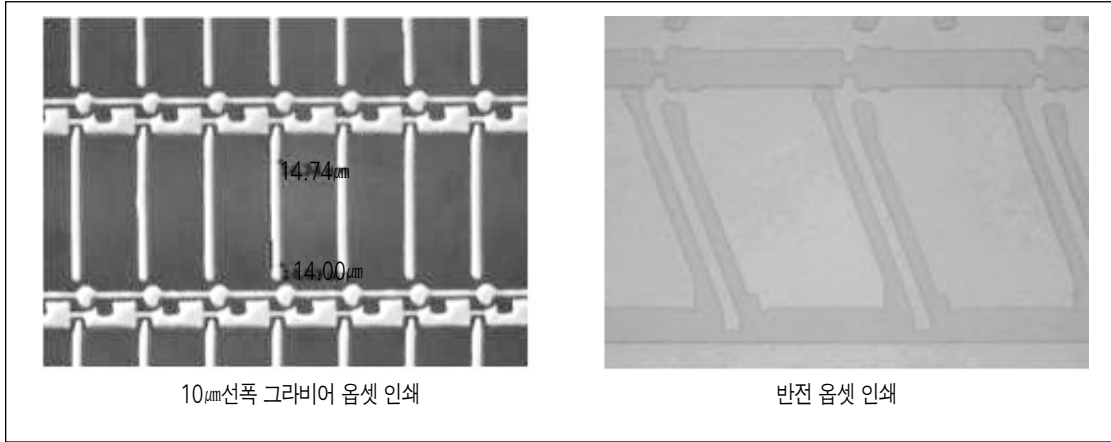
어질 때에도 필름 하면에 평탄도를 유지할 수 있는 Stage를 구성하여 인쇄를 진행하는 것이 인쇄정밀도를 높이는 방법이 된다.

이상의 그라비어 오프셋 인쇄법에서 원판의 형식을 롤 혹은 판재로 나누어 선택하는 이유는 각 방식의 장단점이 존재하기 때문이다. 롤 형식으로 그라비어 원판을 구성하는 경우 원판 제작에 기존 일반 미디어 및 연포장 인쇄에 사용되던 롤 그라비어 제작 방식을 그대로 도입할 수 있어 원판 제작단가를 절감할 수 있으며, 패턴 설계 오류나 판 손상이 발생하더라도 롤 몸체의 재활용이 가능하다. 뿐만 아니라 롤 혹은 실린더를 이용하는 전통적인 인쇄방식이 생산

속도 향상을 위해 진화한 바와 같이 판 그라비어 방식대비 생산효율이 높은 인쇄공정을 구현할 수 있다. 그러나 1,000mm 정도의 폭과 길이 영역을 인쇄하기 위해 철재로 구성되는 그라비어의 경우 대체적인 중량은 500kg에 달하여서, 전자제품 생산라인과 같이 생산공정의 모델 변경(Model Change or Job Change)이 잦은 인쇄전자 분야에서는 작업전환시 작업의 위험성 및 소요시간 등이 문제점으로 지적되고 있다.

또한 인쇄전자 분야에 롤 그라비어가 도입된 지 십여 년이 지났음에도 불구하고 기존의 일반 인쇄를 위해 최적화된 롤 그라비어 패턴 위치 정확도가 폭 1,000mm 기준 $\pm 10\mu\text{m}$ 정도여

[사진 3] 그라비아어 옵셋 인쇄와 반전 옵셋 인쇄의 패턴 비교



서 보다 높은 정밀도를 요구하는 디스플레이 표시소자의 인쇄 등에는 적용하기에 한계가 있다.

인쇄전자에 사용하는 판 그라비아는 노광공정에 이용하는 유리기재의 포토마스크를 직접에칭하여 제작하는데, 디스플레이에 사용하는 포토마스크의 경우 패턴 정확도가 대체로 $\pm 2 \mu\text{m}$ 이내인 관계로 롤 그라비아 방식보다 월등한

인쇄정밀도를 확보할 수 있다. 뿐만 아니라 얇은 유리판 형식인 관계로 수 kg 혹은 수 십 kg 내의 중량으로 원판을 구성할 수 있어서 원판의 적재, 교체 자동화 등에 유리하다. 그러나 포토마스크 자체가 고가이며, 설계 오류 혹은 판 손상이 발생할 시 재생이 불가하여 폐기하여야 한다.

인쇄 설비로 구현할 때에도 롤 그라비아가 독

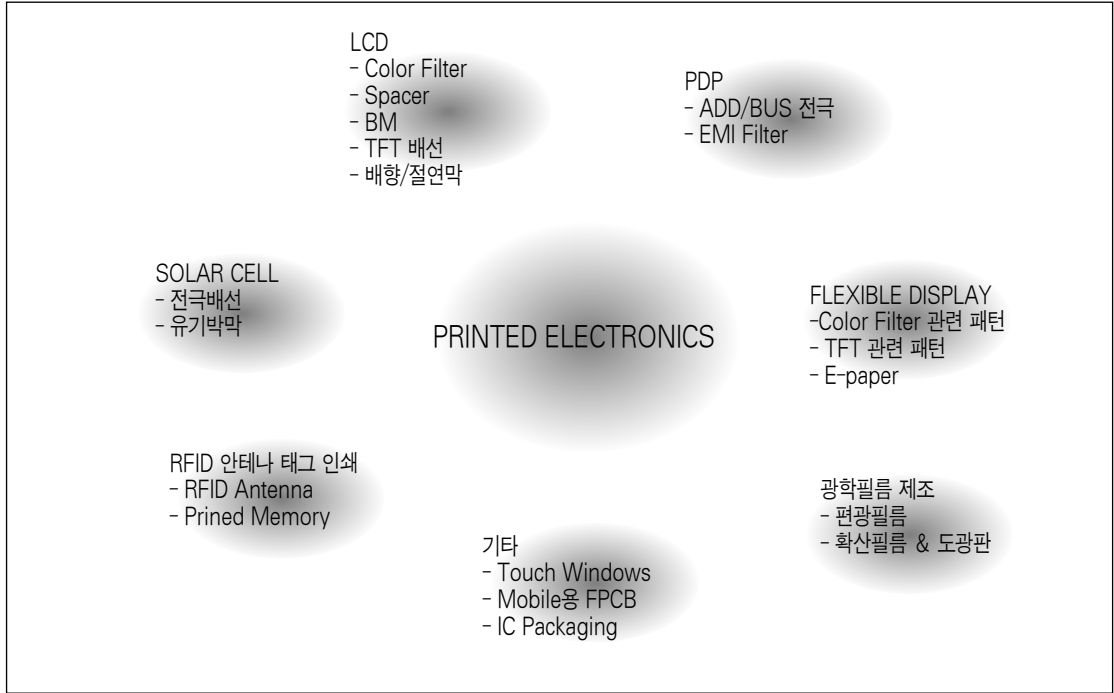
[표 2] 일반 그라비아어 인쇄와 인쇄전자용 특수인쇄 비교

인쇄법	일반 Gravure 인쇄	Gravure Offset 인쇄	Reverse Offset 인쇄
Pattern Sharpness	×	○	◎
최대 적층두께	○	○	◇
두께 조정	◇	◇	◎
Overlay Accuracy	△	◎	◎
양산 속도	◎	◇	×
기술적 난이도	○	△	×
기타 특징	가로선 패턴 불가	가로선 패턴 불가	Cliche세정문제

※ 유리 - ◎ ○ ◇ △ × - 불리



[그림 6] 오프셋 인쇄 공정장비의 인쇄전자 응용가능 분야



터링 및 Off 과정이 연속적으로 이루어지는데 비해, 각 단계별(Step-by-Step)로 독립적 과정으로 독터링, Off, Set 과정이 이루어지므로 생산효율 및 잉크 건조문제 등을 안고 있다.

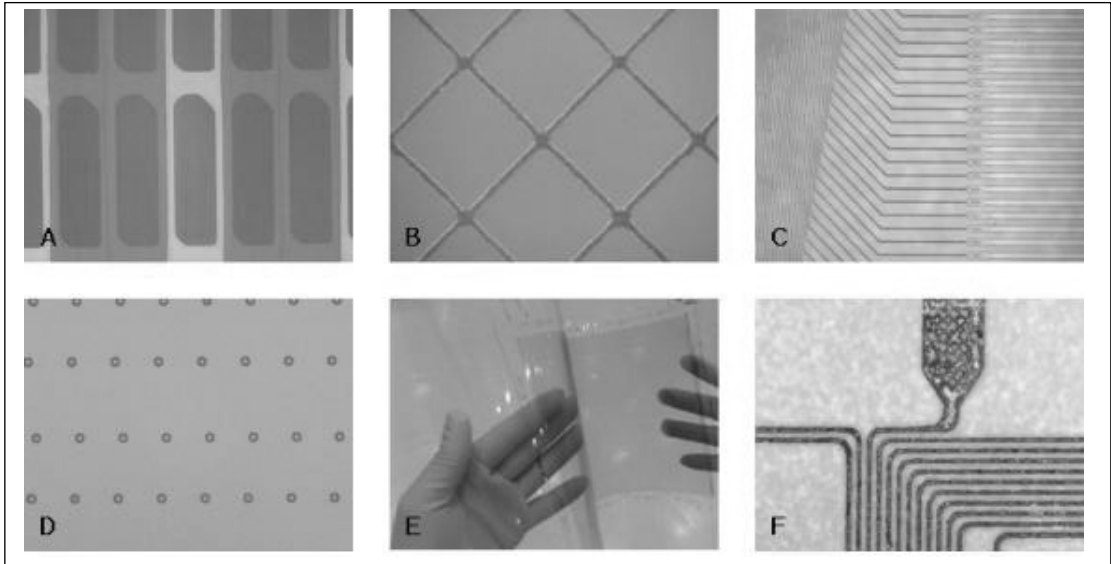
현재 인쇄전자에서 LCD 제조공정과 같이 초 고정밀도를 요구하는 경우는 판 그라비아 방식을 선택하고 있고, 상대적으로 요구 정밀도 사양이 낮은 PDP의 경우 롤 그라비아 방식을 선호하고 있다. 일반 그라비아 인쇄(그라비아 직접 인쇄)와 이상의 두 가지 그라비아 오프셋 인쇄의 인쇄조건상 대표적인 차이점은 사용 잉크의 점도이다. 일반 그라비아 인쇄 잉크의 경우 수백 cp이하의 점도로 조정하여 사용되나, 그라비아 오프셋을 이용하는 인쇄전자에서는 수천~수

만 cp의 고점도 잉크를 사용한다. 잉크가 고점도인 관계로 인쇄속도는 일반 그라비아 대비 현저히 낮으며 재료와 공정을 적절히 최적화 했을 때 200mm/sec의 생산속도를 구현할 수 있다.

마지막으로 반전 오프셋 인쇄(Reverse Offset Printing)가 있는데, 롤 및 판재의 오목패턴에 잉크를 충전 후 인쇄하는 그라비아 오프셋과 역상으로 Off과정이 진행된다.

반전 오프셋 인쇄에서는 블랭킷이 감겨진 롤 표면에 슬릿 코터(Slit Die Coater)를 이용하여 잉크를 균일 박막으로 도포한 후 원판 위와 접촉하면서 구르면 원판의 돌출부에 접촉한 잉크는 원판으로 전이되고 접촉이 발생하지 않은 원판의 오목부에 해당하는 잉크는 블랭킷 표면

[그림 7] 오프셋 인쇄기술의 응용사례



※ A. LCD 컬러필터(선폭 70 μ m) B. EMI Shield(선폭 20 μ m), C. FPD 전극배선(선폭 10 μ m), D. LCD Column Spacer(직경 20 μ m)
E. Flexible Display, F. TSP 전극배선(50 μ m)

에 그대로 남아있게 된다. 이때 블랭킷 표면에 남아있는 패턴을 인쇄대상물에 전이시켜 인쇄가 완료된다. 반전 오프셋 인쇄용 원판역시 오목판으로 판 그라비아 제작방식과 동일하게 포토마스크를 에칭하여 제작하나, 오목부에 잉크를 채우지 않는 관계로 인쇄전자 분야에서는 그라비아라는 용어대신 클리셰(Cliche : 사전적 의미로 인쇄 원판에 해당, 집합적 의미로는 그라비아가 클리셰에 포함됨)라고 칭하고 있다.

다른 오프셋 인쇄법과 비교하여 반전 오프셋 인쇄는 인쇄전자 분야에 가장 특화된 인쇄법으로 인쇄설비를 구현하거나 인쇄공정을 최적화하는데 가장 난해한 인쇄법이다.

전체 인쇄공정에서 블랭킷에 잉크를 균일 도포하는데 많은 시간이 소요되므로 생산성이 다른 인쇄전자 오프셋 인쇄대비 가장 낮고, 잉크의

코팅 특성을 만족시킴과 동시에 Offset 특성을 만족시켜야 하므로 잉크 조정에 많은 어려움이 따른다. 이외 단점으로 매회 인쇄 후 클리셰 표면에 Offset과정에서 발생한 잉크 잔막이 존재하므로 클리셰 세정을 위한 부가장치가 필요하다거나, 인쇄되는 패턴과 무관하게 전면적에 대하여 잉크를 도포하여야 하므로 많은 잉크를 소모하게 된다.

생산효율 및 공정안정화에 있어서 반전 오프셋 인쇄가 그라비아 오프셋 인쇄보다 불리함에도 불구하고 인쇄전자분야에서 반전 오프셋 인쇄를 선택할 수 밖에 없는 경우가 있다.

그라비아 오프셋은 공정 특성상 인쇄원판인 그라비아 표면을 독터날로 긁으면서 지나가게 되는데, 이 과정에서 원래 오목 패턴의 형상내에 잉크가 되묻어 나온다거나 독터날의 진행방향



특 집

으로 패턴의 왜곡이 발생할 수 있다. 특히 날카로운 독터날과 평행한 선모양의 패턴이 존재하는 경우 패턴의 인쇄불량 뿐만 아니라 독터날의 손상을 초래하여 인쇄품질이 빠르게 열화될 수도 있다. 따라서 독터날방향을 의한 패턴의 왜곡이 문제가 되는 TFT 패턴 형성이나, 독터날에 평행한 수평선 패턴을 인쇄하기 위해서는 양산적용이 난해하더라도 반전 옅색을 선택하고 있다. 이외 반전 옅색의 장점으로는 인쇄물의 막두께가 블랭킷에 박막을 코팅하는 단계에서 결정되므로 다른 인쇄대비 정확한 막두께 제어가 가능하다는 점이다.

4. 인쇄전자산업에서 옅색 인쇄 현 주소

옅색 인쇄 기술은 인쇄전자 사업분야 중 전자 소자, 디스플레이, 반도체 등 IT 분야의 모든

영역에 활용될 수 있을 뿐만 아니라 바이오 및 신재생 에너지 분야를 포함한 다양한 응용분야 (RFID, CIGS 태양전지 등)에 적용하기 위해 연구개발이 진행되고 있다.

또한 옅색 인쇄 기술은 전기저항, Capacitor, Inductor와 같은 단순부품, 트랜지스터 및 디스플레이 등 각종 능동부품 제작이 가능하여 차세대 패터닝 기술로 큰 관심이 집중되고 있다.

특히 공정 부가가치가 높은 디스플레이 부문을 위주로 하여 옅색 인쇄 기술을 상용화하기 위해 다년간 개발이 집중된 결과 PDP BUS/ADDRESS 전극배선, EMI Mesh 등을 옅색 인쇄로 제품생산 하고 있으며, 조만간 초미세 TSP 전극배선, LCD Column Spacer, LCD 컬러필터 및 Black Matrix 등의 양산공정에 옅색 인쇄를 적용할 예정이다. [KO]

사단법인 한국포장협회 회원가입 안내

물의 흐름이 자연스러운 것은 물길이 나아있기 때문입니다.

포장산업이 강건하려면 미래를 내다보는 안목이 필요합니다.

포장업계의 발전이 기업을 성장시킵니다.

더 나은 앞날을 위해 본 협회에 가입하여 친목도모는 물론 애로사항을 협의하여

새로운 기술과 정보를 제공받아야 합니다.

포장업계에서 성장하기 원하시면 (사)한국포장협회로 오십시오.

(사)한국포장협회

TEL. (02)2026-8655~9

E-mail : kopac@chollian.net