

# 다중 인쇄 방식의 롤투롤 프린팅 장비 개발

## Roll-to-Roll Printing System with Multiple Printing Methods

\*#김충환<sup>1</sup>, 김명섭<sup>1</sup>, 유하일<sup>1</sup>, 김광수<sup>1</sup>, 이택민<sup>1</sup>, 조정대<sup>1</sup>, 최병오<sup>1</sup>, 김동수<sup>1</sup>

\*#C. H. Kim(chkim@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, M. S. Kim<sup>1</sup>, H. I. You<sup>1</sup>, K. Kim<sup>1</sup>, T.-M. Lee<sup>1</sup>, J. Jo<sup>1</sup>, B.-O. Choi<sup>1</sup>, D. S. Kim<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> 한국기계연구원 나노융합생산시스템연구본부 프린팅공정자연모사연구실

Key words : Roll-to-Roll, Printing, Multiple printing methods

### 1. 서론

최근 무선인식 태그(RFID tag), 태양전지(Solar cell), 전자종이(E-paper), 유연성 디스플레이(Flexible display) 등을 인쇄 방식으로 생산하는 인쇄전자(Printed Electronics) 분야는 장비, 공정, 재료, 소자 등에 있어 많은 연구가 이루어지고 실질적인 결과물이 가시화되고 있다. 특히, 롤투롤(Roll-to-Roll) 방식으로 이러한 인쇄전자 소자를 대량으로 생산하기 위한 장비 연구가 중급 규모 이상의 장비 업체와 학교, 연구소를 중심으로 활발히 이루어지고 있다. 롤투롤 인쇄 장비 중에서 주로 사용되는 인쇄 방식은 그라비어 또는 그라비어 오프셋 방식으로, 두 방식 모두 생산성이 높으나 두 방식의 장단점과 사용되는 잉크 재료의 특성이 상이하다. 그라비어 인쇄는 Fig.1(a)와 같이 제판 롤러에서 피인쇄체로 직접 전이가 이루어지나, 그라비어 오프셋 인쇄는 이 사이에 블랭킷 실린더를 둬으로써 잉크의 전이성 향상을 돕는다.<sup>1)</sup> Table 1 은 그라비어와 그라비어 오프셋 인쇄 방식을 비교한 것으로, 블랭킷 실린더로 인해 그라비어 오프셋 인쇄는 그라비어 인쇄에 비해 낮은 인쇄 압력이 요구되고, 잉크의 전이성이 높아질 수 있으나, 잉크와 블랭킷의 적성을 잘 맞추지 못할 경우 잉크 전이성은 그라비어 인쇄에 비해 오히려 더 나빠질 수 있다. 그라비어 오프셋용 잉크는 그라비어 잉크에 필요한 제판, 피인쇄체와의 적성 맞춤에 블랭킷과의 상호 적성 또한 반드시 맞추어 줘야 하는 문제 외에도 점도 또한 그라비어 잉크에 비해 수-수십배 더 높아 수천-수만 cps의 점도를 갖는다.<sup>2)</sup> 이러한 기본적인 특성 차이로 동일한 잉크를 다른 인쇄 방식으로 혼용하거나, 동일한 인쇄 방식에서 서로 다른 잉크를 혼용하여 올바르게 전이된 패턴을 얻기는 거의 불가능하다. 일반적으로 잉크는 한가지 인쇄 방식에 맞도록 점도, 용제, 바인더 등 그 특성이 정해져 생산되며, 장비를 운용하여 소자를 제작하는 사용자는 장비에 맞는 잉크를 선택하게 되므로 그 범위가 제한적이다. 특히, 고가의 장비를 잉크에 맞게 새로 제작하거나 도입하는 것은 비용 지출에 있어 효율적이지 못하다. 이러한 측면으로 봤을 때, 하나의 장비에서 다양한 인쇄 방식으로 쉽게 변형해서 사용할 경우 다양한 잉크에 대응 가능하여 선택의 폭이 넓어지고, 특히, 소자의 시험 테스트를 위한 실험 장비에는 이러한 장비가 매우 효과적이다.

따라서, 본 논문에서는, 이러한 다양한 인쇄 방식을 하나의 장비에서 제공하는 다중 인쇄 방식의 롤투롤 프린팅 장비의 설계와 그 성능에 대해 설명하고자 한다.

Table 1 Comparison of gravure and gravure-offset printing methods

Parameter	Gravure	Gravure-offset
Printing pressure	Very high	Low
Ink transfer	Moderate	Very high but depending on blanket
Ink viscosity	20-1000cps	200-50000cps
Control parameters (materials)	Ink, substrate	Ink, substrate, blanket

### 2. 다중 인쇄 방식의 인쇄 유닛 설계

롤투롤 인쇄 전자에서 가장 많이 사용되는 그라비어 인

쇄, 그라비어 오프셋 인쇄, 플렉소 인쇄를 혼용할 수 있는 설계 방식에 대해 언급한다. Fig.2(a), (b), (c)는 각각 그라비어 오프셋, 그라비어, 플렉소 방식의 경우에 대해 인쇄 실린더의 배치 및 피인쇄체의 경로를 보여준다.

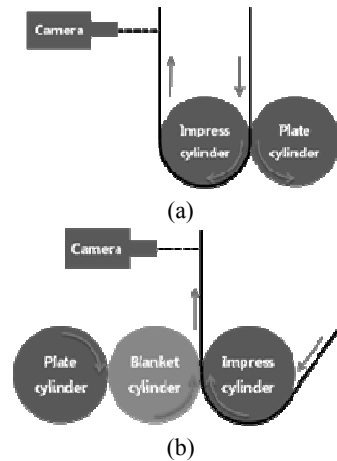
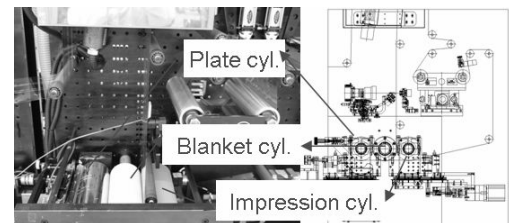
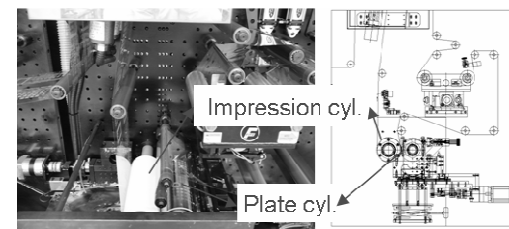


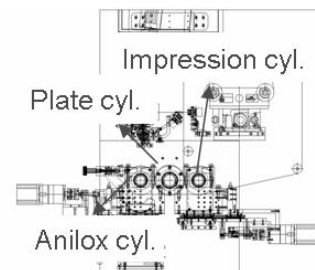
Fig. 1 Schematic pictures of (a) gravure and (b) gravure-offset printing methods



(a)



(b)



(c)

Fig. 2 Printing cylinder configurations and web paths for (a) gravure-offset (b) gravure and (c) flexo printing methods

그라비아어 읍셋 인쇄의 경우 제판 실린더(Plate cylinder), 블랑켓 실린더(Blanket cylinder), 가압 실린더(Impression cylinder)가 차례로 배치되지만, 그라비아어 인쇄의 경우 제판 실린더가 가압 실린더의 위치로 변경되고 가압 실린더는 블랑켓 실린더의 자리에 위치하게 된다. 이때, 그라비아어 읍셋의 가압 실린더는 경도가 80 이상이지만, 그라비아어의 가압 실린더는 경도가 60-70 정도인 것이 사용된다. 피인쇄체의 경로는 웹 가이드 이후에 인쇄 유닛으로 진입하는 경로가 아이들 롤러에 의해 바뀌고, 인쇄 실린더의 회전 방향이 따라서 바뀌게 된다. 플렉소 방식의 경우 그라비아어 읍셋 인쇄 방식과 피인쇄체의 경로 및 실린더의 회전 방향은 동일하나, 제판 실린더 대신에 애니록스 실린더, 블랑켓 실린더 대신에 수지 제판 실린더가 위치한다. 따라서, 각 인쇄 방식에 따라 단순히 실린더를 교체하고 피인쇄체의 경로를 바꾸어 줌으로써 두 가지의 인쇄 방식을 혼용하여 사용하는 것이 가능하게 설계 되었다.

**3. 장비의 설계 개념 및 제작 결과**

Fig.3 은 제작된 다중 인쇄 방식을 갖는 롤투롤 프린팅 시스템의 사진을 보여준다. 총 3 도의 인쇄가 가능하도록 제작되었으며, 각 인쇄부는 인쇄 유닛 중심의 블록 구조로 되어 있으며 도수의 증가에 따라 각 유닛 블록만 추가하면 쉽게 확장이 가능하며, 건조기의 길이에 따라 유닛 사이의 간격을 조절함으로써 대응이 용이하다.



Fig. 3 Developed roll-to-roll printing system with multiple printing methods

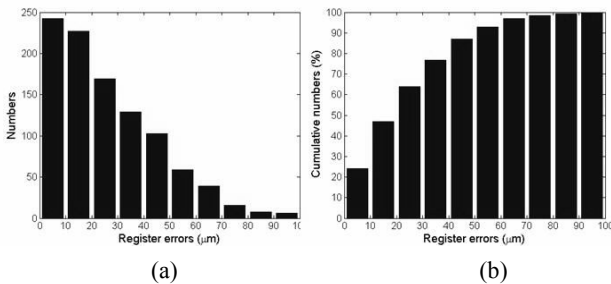


Fig. 4 Register control performance of gravure-offset printing method (a) distribution and (b) accumulative distribution

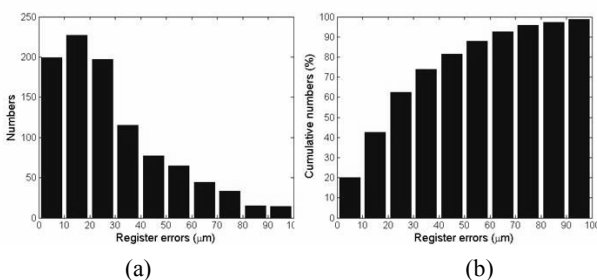


Fig. 5 Register control performance of gravure printing method (a) distribution and (b) accumulative distribution

**4. 레지스터 제어 성능**

롤투롤 장비에서 가장 중요한 성능 중 하나는 두 개 이상의 레이어가 중첩 인쇄 될 때 그 위치를 맞추는 레지스터(중첩) 제어이다.<sup>3), 4), 5)</sup> 레지스터 제어는 RFID tag, 유연성 디스플레이, OTFT 등의 인쇄 전자소자를 생산할 때 그 성능을 결정하는 중요한 요소 중 하나로, 제작하고자 하는 소자에 따라 요구되는 레지스터 정밀도가 달라진다. Fig.4(a), (b)는 각각 그라비아어 읍셋 인쇄의 경우 일정 시간 동안 레지스터 정밀도를 측정하여 정밀도 분포도와 누적 분포도를 그린 것으로, 약 50%의 범위에서 20μm, 약 90%의 범위에서 50μm 의 레지스터 정밀도 성능을 보여준다. Fig.5(a), (b)는 각각 그라비아어 인쇄의 경우 일정 시간 동안 레지스터 정밀도를 측정하여 정밀도 분포도와 누적 분포도를 그린 것으로, 약 40%의 범위에서 20μm, 약 80%의 범위에서 50μm 의 레지스터 정밀도 성능을 보여주어, 그라비아어 읍셋 인쇄에 비해 다소 낮은 성능을 보여준다.

**5. 결론**

이 논문에서는 인쇄 실린더의 교체와 피인쇄체의 경로 변경으로 하나의 인쇄 유닛에서 그라비아어, 그라비아어 읍셋, 플렉소 등 다양한 인쇄 방식을 제공하는 롤투롤 프린팅 장비의 설계에 관하여 언급하였고, 제작된 장비의 레지스터 성능에 대해 언급하였다. 이러한 롤투롤 장비의 설계로 인쇄 전자의 롤투롤 생산을 위한 테스트와 소자 제작에 다양한 잉크를 적용하게 됨으로써 장비 제작 비용과 장비 운용 면에서 효과를 볼 수 있을 것이다.

**참고문헌**

1. Choi, B.-O., Kim, C.H., and Kim, D.S., "Manufacturing ultra-high-frequency radio frequency identification tag antennas by multilayer printings," Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, **224**, 149-156, 2010
2. Shin, D.-S., Kim, C.H., and Lee, Y., "Performance characterization of screen printed radio frequency identification antennas with silver nanopaste," Thin Solid Films, **517**, 6112-6118, 2009
3. Kipphan, H., "Handbook of Print Media," Springer-Verlag Berlin and Heidelberg, GmbH & Co. KG, Berlin, 2001.
4. Komatsu, H., Yoshida, T., Takagi, S., Sheri, T. and Muto, T., "Improvement of printing accuracy via web handling control in multi-colors printing machines," International Conference on Control, Automation and Systems, 2007, pp.953-956.
5. Kang, H.-K., Eom, Y.-S., Lee, J.-M. and Shin, K.-H., "Compensation of register errors due to tension disturbances in printing presses," 1st International Conference on R2R Printed Electronics, 2008, pp.165-170.