

미세 선폭 프린팅을 위한 롤투롤 장비 개발

김충환*, 류병순, 임규진, 이명훈, 이택민, 윤소남 (한국기계연구원, 정보장비연구센터),
최병오 (한국기계연구원 지능형정밀기계연구본부)

Development of Roll-to-Roll Printing System for Fine Line-width Printing

C.H. Kim, B.S. Ryu, K.J. Lim, M.H. Lee, T.M. Lee, S.N. Youn, B.O. Choi (KIMM)

ABSTRACT

Printing technology has begun to get into the spotlight in many ways due to the low cost effectiveness to existent semiconductor process. It also has very useful application areas, not only paper printing but also patterning for LCD color filter, Photovoltaic patterning, RFID antenna, OLED, and so on. In this study, an apparatus of gravure offset printing was developed for fine line width printing. The pattern was composed of 20 μm size of continuous lines of which pitch size was 40 μm. The printed pattern shows that it is possible to make around 20 μm line-width printing pattern. The roll-to-roll printing system for fine line-width printing based on primary experiment is presented. For testing of multi-layer printing, the system was designed to be capable of printing two different materials from each printing unit using gravure-offset printing method and have a function of alignment of two printed materials.

Key Words : Printing (프린팅), Roll-to-Roll (롤투롤), Gravure printing(그라비아 프린팅)

1. 서론

21 세기에 들어서 선진 각국은 차세대 성장기술 개발에 국가적 역량을 기울이고 있다. 그 중 하나가 폴리머 칩에 의한 저가의 RFID 태그, 스마트 센서, 플라스틱 태양전지 등의 유비쿼터스 환경 구축에 충당될 새로운 제품의 생산 프로세스를 개발하는 기술이다. 이러한 인쇄전자소자 (Printed Electronics)를 대량으로 생산할 수 있는 방법으로 주목되고 있는 것이 롤투롤(Roll-to-Roll) 인쇄 방식을 이용한 생산 시스템이며 이 기술은 미세 선폭 패턴, 정밀 속도, 장력제어, 사행 제어의 구현을 필요로 한다. 장차 이와 같은 인쇄전자소자가 유비쿼터스 기반을 형성하는데 막대하게 소요될 RFID 태그와 무선센서 등에 응용되고 롤투롤 인쇄방식이 이들을 생산하는 기술로 사용될 전망에 따라 선진국에서는 연구개발에 이미 상당한 투자를 지원하고 있다.

롤투롤 인쇄 방식에 의한 전자소자 생산은 전통적으로 사용되던 인쇄 기법에 최근의 정밀 제어 기술과 가공 기술이 적용되어 매우 경제적으로 미세 선폭 프린팅을 구현할 수 있는 장비로 평가되고 있다. 그러나 부품의 정밀도 및 제어, 적용 환경 변수 등에 매우 민감하게 반응하기 때문에 설계 변수들에 대한 최적 값 선정 및 외란 대처 방안 등이 기본적으로 연구되어야 한다. 이 논문에서는 이러한 전자소자 인쇄에 사용될 미세 선폭 롤 프린팅 기술과 롤투롤 장비 연구에 대해 기술하고자 한다.

2. 롤 프린팅 공정 실험

미세 선폭 패턴을 위한 기초 실험으로 간지 실험 장치를 구현하여 오프셋 인쇄와 그라비아 방식의 두 가지 인쇄 방식에 대해 선행 실험을 수행하였다. Fig.1 과 Fig.2 는 오프셋 제판과 그라비아 제판에 일반 인쇄용 검정잉크를 롤러를 이용하여 전이한 형상이다.

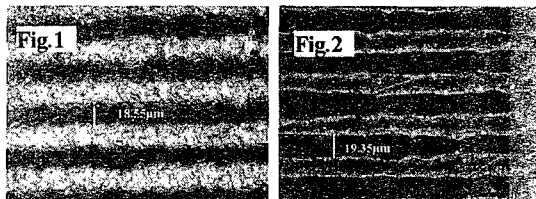


Fig. 1 Ink pattern transferred to offset plate and
Fig. 2. Ink pattern transferred to gravure plate.

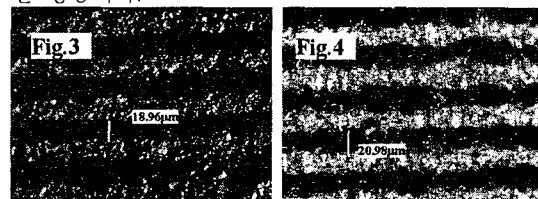


Fig. 3 Ink pattern transferred to Blanket.
Fig. 4 Final printed pattern on aluminum surface.

일반적으로 그라비아 방식보다 평판 오프셋 방식이 정밀 인쇄에 보다 적합한 것으로 알려져 있으나 이 논문에서 최종 목표로 삼는 기능성 미세 선 패턴 인쇄는 선폭의 정밀성도 요구되지만 일정한 두께도 요구되므로 평판 오프셋 인쇄방식이 적합하지 않다고 판단된다. 판 형식을 이용한 그라비아 제판은 일반인크의 전이 형상이 평판 오프셋 제판과 동일한 크기 임에도 불구하고 뚜렷한 차이를 보이고 있다. 따라서 이 논문에서 추구하는 기능성 미세 선 패턴에 적합한 제판은 그라비아 제판으로 판단된다.

Fig. 3 은 그라비아 제판에 롤러를 사용하여 잉크를 전이한 후 인쇄압을 가해 블랑켓으로 전이시킨 결과의 사진이며 Fig. 4 는 블랑켓에 전이된 잉크를 알루미늄 실린더 표면에 전이시킨 결과의 사진이다. 제판에서 블랑켓, 블랑켓에서 피 인쇄체로 잉크가 전이해 가면서 전이되는 잉크의 양은 줄고 선폭은 증가함을 확인할 수 있다. 이러한 이유로 보다 많은 잉크전이를 위해서는 블랑켓의 재질을 개선해야 하며 인쇄압을 충분히 줄 수 있도록 해야 한다. 또한 제판, 블랑켓, 피 인쇄체의 표면 거칠기 정도가 미세 선 패턴 인쇄에 중요한 요소로 작용함을 알 수 있다.

3. 롤투롤 프린팅 시스템의 개발

3.1 시스템의 설계

Fig. 5 는 설계된 시스템의 사진을 보여준다. 먼저 피 인쇄체인 두루마리를 일정한 장력의 통제하에 인쇄부로 공급할 수 있는 언와인더와 피 인쇄체의 장력을 제어하는 장력 제어 장치와 연계하여 조정되는 파우더 브레이크가 설치된다. 피인쇄체의 사행을 제어하는 롤 가이드를 제 1 인쇄 유닛 진입 전에 설치하였다. 인쇄유닛의 설계는 그라비아 오프셋 방식의 인쇄를 수행하기 위하여 먼저 인쇄회로를 제판한 판통 표면이 잉크 저장통에 잠겨 있다가 나오면서 닥터 블레이드로 표면의 잉크는 제거되고 회로패턴의 인쇄잉크는 탄성체인 블랑켓 실린더 상에 전달되면 이를 피인쇄체에 인쇄 실린더로 가압하여 인쇄를 수행하는 시스템으로 구성하였다. 또한 2 개의 인쇄 유닛이 동일한 방식에 의하여 제 1, 제 2 인쇄가 이루어지는 인라인 구조이다. 각 인쇄 유닛의 정렬 마크를 정확하게 측정 평가하고 조정하는 장치로서 고해상의 CCD 카메라, 화상처리장치 및 시보제어가 구성되었다. 인쇄된 인쇄물의 건조를 위한 건조기는 열풍 및 UV 램프로 설계하였다. 피인쇄체에 인쇄된 회로선을 보호하기 위한 도포나 박막유전체 도포를 위한 코팅기는 그라비아 코팅 방식으로 설계하였다.

3.2 인쇄 패턴의 설계

일반적인 시각 인쇄물의 인쇄 정밀도는 인간의 시각 구분 능력의 한계에 따라 50 μ m 수준이면 충분하지만 회로나 트랜지스터의 구현을 위해서는 20 μ m 이내의 해상 정밀도가 구현되어야 한다. 따라서 이 논문에서는 우선적으로 20 μ m 수준의 선폭 해상도와 정렬 정밀도를 넘기 위하여 패턴을 디자인 하였다. 선의 굵기는 최소 20 μ m 에서 최대 150 μ m 까지의 범위로, 선간은 최소 10 μ m 에서 최대 1000 μ m 까지의 범위로, 선의 두께는 선의 굵기에 따라 최소 5 μ m 에서 최대 50 μ m 까지의 범위로 실험용 인쇄판 실린더를 제판하였다. 이러한 패턴 인쇄 실험으로부터 10 μ m 이내의 선폭 해상도와 정렬 정밀도를 구현하게 되면 향후 RFID 태그의 IC 회로 수준을 인쇄할 수 있는 기술을 확보할 수 있게 된다.

4. 결론

이 논문에서는 롤 프린팅을 이용하여 20 μ m 선 패턴 인쇄를 수행하였다. 제판에서 형성된 20 μ m 선폭이 블랑켓과 피 인쇄체로 전이되면서 선폭이 약 2 μ m 정도 증가했음을 확인할 수 있다. 약 10%의 선폭 증가 현상은 정밀도가 요구되는 전자산업에서는 큰 오차가 될 수 있으므로 차후에는 정확한 미세선 구현을 위해 제판 선폭을 고려해야 할 것이다. 인쇄방법을 사용하여 20 μ m의 미세선을 인쇄할 수 있었으나 선의 균일성과 선의 끊김에 대한 신뢰성을 확보하지 못하였다. 앞으로 이러한 문제를 해결하기 위한 연구가 진행되어야 할 것이다.



Fig. 5 Picture of the Roll-to-Roll printing system

참고문헌

1. Danial R. Gamota., Paul Brazis., Jie Zhang., and Krishna Kalyanasundaram., 2004, "Printed Organic and Molecular Electronics," *Kluwer Academic Publishers*.
2. Helmut Kipphan., 2001, "Handbook of Print Media," *Springer*.
3. T. Mä kelä , R. Korhonen, et al., 2003, "Roll-to-roll method for producing polyaniline pattern on paper" *Synthetic Metals*, Vol. 135, pp. 41~42.