

# 실버잉크 그라비아 프린팅에서의 독터링에 대한 연구

## Study on the Doctoring for Silver Ink Gravure Printing

최현철<sup>1</sup>, \*#이택민<sup>1</sup>, 강현욱<sup>2</sup>, 김충환<sup>1</sup>, 성형진<sup>2</sup>, 김동수<sup>1</sup>

H. C. Choi<sup>1</sup>, \*#T. M. Lee(taikmin@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, H.W.Kang<sup>2</sup>, C.H.Kim<sup>1</sup>, H.J.Sung<sup>2</sup>, D.S.Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국기계연구원 나노기계연구본부 롤투롤인쇄전자 공정장비팀, <sup>2</sup>한국과학기술원 기계공학과

Key words : Gravure printing; Doctoring; Roll-to-Roll process; Silver ink; Printed Electronics.

### 1. 서론

최근 RFID 태그, 센서, 유연성 디스플레이, 태양 전지, 전자 종이 등의 전자 소자를 프린팅 방식을 이용하여 생산하려는 연구가 많이 이루어지고 있다. 이는 프린팅공정이 기존의 노광기술과 식각기술에 의존하는 반도체 공정에 비해 가격경쟁력이 월등히 우수하기 때문이다. 특히 이러한 제품들은 유비쿼터스 시대, 고가에너지 시대에 필수적으로 사용될 제품들이며 공통적으로 유연성을 필요로 하고 저가의 대량생산을 필요로 하기 때문에 롤투롤(roll-to-roll)공정과 같은 저가격화, 대량생산화가 가능한 연구에 관심이 집중되고 있다.[1-2]

롤투롤 인쇄공정은, 잉크로는, 전도성 잉크, 유기박막 재료, 폴리머 등이 사용되고, 기판은 종이나, 플라스틱을 사용하고, 기판의 공급은 대량생산에 유리한 Roll to Roll 연속공급방식을 사용하며, 공정은 스크린(screen), 플렉소(flexo), 그라비아(gravure), 잉크젯(ink-jet) 등의 저가의 상온 프린팅 공정을 사용하여, 저가/대량생산화를 동시에 만족시킬 수 있는 공정이다.[3]

본 연구에서는 롤투롤 인쇄공정 중 그라비아 프린팅공정의 선행 실험으로써, 실버잉크(silver ink)를 가지고 여러 공정변수가 독터링(doctoring)특성에 어떤 영향을 주는지에 대해 연구하였다.

### 2. 독터링 특성의 해석과 실험

그라비아 프린팅은 음각으로 형성된 패턴에 잉크를 채워서 피인쇄체에 전이시키는 것으로, Fig 1은 독터링 공정을 간단히 설명한 것이다. ①과 같이 잉크를 패턴에 도포하고 블레이드로 거둬내면, ②와 같은 3종류의 결과를 생각할 수 있으며, 실험의 목표는 공정변수의 조합으로 최대한 이상적인 독터링 상태를 만드는 것이다. 이를 위해 제작된 실험장비는 Fig. 2와 같이 크게 잉크를 도포하기 위한 블레이드와 블레이드의 압력을 제어하는 압력제어부와 각도제어부, 패턴을 고정할 수 있는 지그로 구성되어 있으며, 속도는 패턴이 고정되어있는 플레이트를 모터에 의한 구동으로 제어가 된다. 독터링된 패턴을 측정하기 위하여 OPTELICS사의 C130모델을 사용하여 3차원 측정을 실시하였으며, 그 특징은 Table 1에 정리하였다.

실험에 사용된 제판은 4종류를 제작하였으며, Fig. 4와 같이 설계하였으며, 40 $\mu$ m ~ 200 $\mu$ m의 다양한 패턴이 있으나, 150 $\mu$ m 폭의 패턴 한 부분을 기준으로 잡아서 실험 결과를 측정하였다. 그리고 제작된 4가지의 패턴 중 기준이 되는 제판을 측정한 결과 31.5 $\mu$ m의 깊이와 181 $\mu$ m의 폭으로 제작되었다.

실험에 사용된 공정변수는 크게 5가지를 사용하였으며, Table 2에 정리하였다. 기준이 되는 공정조건은 Speed 10mm/s, Blade degree 60°, Blade pressure 0.3mm down(280g), Viscosity (1188cps), Pattern depth (31.5 $\mu$ m)이며, 모든 측정결과는 패턴에 잉크를 독터링한 후 12분이 경과한 후에 측정을 실행하였다.

먼저, 속도에 의한 결과를 보면, Fig 4와 같이 속도의 증가에 따라 패턴에 채워지는 실버잉크의 양이 적어졌다. 이는 양산을 고려할 때 빠른 속도가 생산성에 중요한 요인이지만, 인쇄의 품질에 많은 영향을 줄 것으로 생각된다. 다음으로, 패턴과 블레이드가 이루는 각도에 의한 결과는 Fig. 5에 정리하였으며, 거의 비슷한 수준으로 패턴에 잉크를 채웠으며, 60°일 때 가장 좋은 결과를 보였다. 다음으로 Fig. 6에 5단계로 압력에 대해 측정된 결과를 정리 하였으며, 여기서 각각의 압력을 보면, 0.1mm down=40g, 0.2mm down=120g, 0.3mm down=280g, 0.5mm down=900g,

0.7mm down=1870g와 같으며, 이때 블레이드의 길이는 118mm이다. 압력은 0.3mm down 결과가 가장 양호한 모습을 보였으며, 회석비(점도)에 의한 결과는 Fig. 7에서 보는 바와 같이 점도가 200 cPs 이하일 때 패턴에 가장 많은 양의 잉크를 채웠으나, 점도가 더 낮은 경우에는 패턴이 아닌 부분에 잉크가 남아있는 현상이 점점 심하게 나타났다. 패턴의 깊이에 대한 경우는 Fig. 8에 정리 하였으며, 깊이와 채워진 양으로 비교하면 23 $\mu$ m과 31.5 $\mu$ m이 비슷한 수준을 보였다.

Table 1 Color Confocal Scanning Microscope Specification

Wave length	400 ~ 700nm
Z axis Resolution	0.01 $\mu$ m
Pixel Resolution Power	0.11 $\mu$ m
Scan Speed (normal mode)	7.5Hz
CD measurement Precision & Repeatability	0.001 $\mu$ m 0.03 $\mu$ m(3 $\sigma$ )
Surface Profiling Function Precision & Repeatability	0.01 $\mu$ m 0.02 $\mu$ m( $\sigma$ )

Table 2 Experimentation parameter

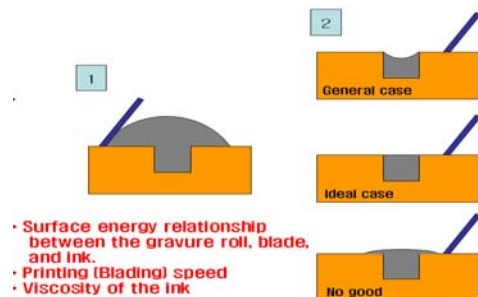
Parameter	Standard	split
Speed (mm/s)	10	5, 20, 40, 60
Blade degree (°)	60	30, 45, 90
Blade pressure (mm down)	0.3	0.1, 0.2, 0.5, 0.7
Viscosity ( cPs )	1188	17,33,65,240,546,1880,2200,4070
Pattern depth, width ( $\mu$ m)	(31.5, 181)	(7, 162), (13, 163), (23, 172)

### 3. 결론

본 연구는 롤투롤인쇄공정을 위한 선행 실험으로, 공정변수에 따른 그라비아 패턴에서 실버잉크의 독터링(doctoring)특성을 알아보았다.

점도가 독터링특성에 가장 많은 영향을 미쳤으며, 65cps ~ 240cps 사이의 점도가 그라비아 프린팅공정에 무난할 것으로 생각되며, 속도는 생산성과 인쇄된 제품과의 관계로 최적의 속도를 고려해야 할 것이며, 각도는 60°, 압력은 0.3mm down=280g가 적당할 것으로 생각된다. 패턴은 피인쇄체와의 관계를 고려해서 선정을 하여야 할 것으로 생각된다.

이번 실험으로 실버잉크를 이용한 그라비아 프린팅의 독터링 특성을 연구하였다.



- Surface energy relationship between the gravure roll, blade, and ink.
- Printing (Blading) speed
- Viscosity of the ink

Fig. 1 Doctoring process of gravure printing

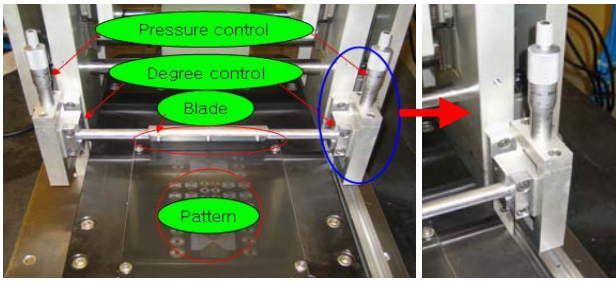


Fig. 2 Test apparatus for ink doctoring.

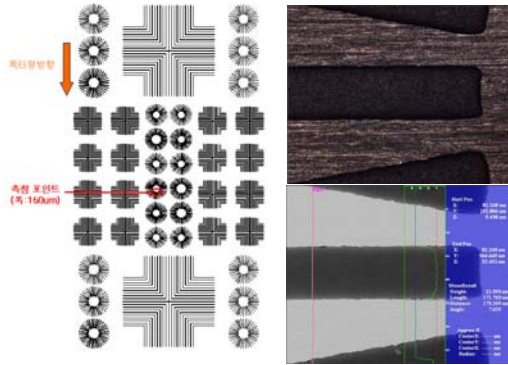


Fig. 3 Gravure groove pattern (depth 31.5 $\mu$ m, width 181 $\mu$ m).

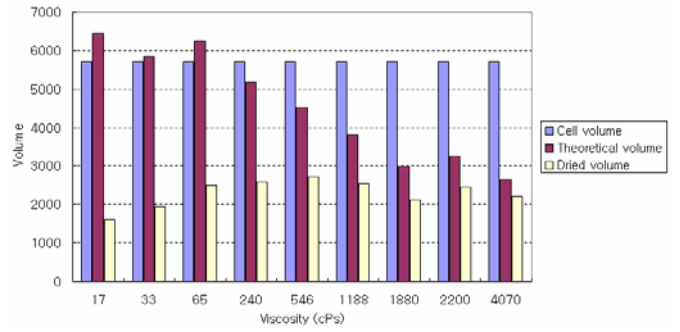


Fig. 7 Gravure doctoring result depending on the viscosity.

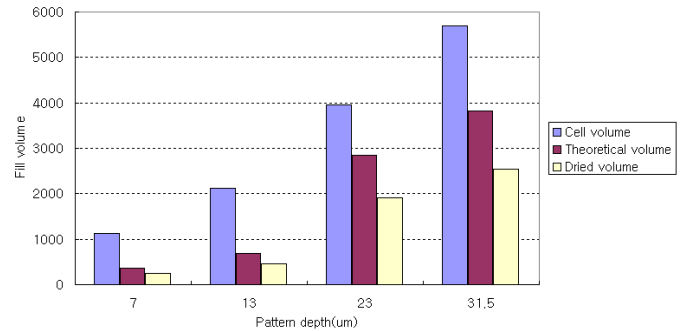


Fig. 8 Gravure doctoring result depending on the pattern depth.

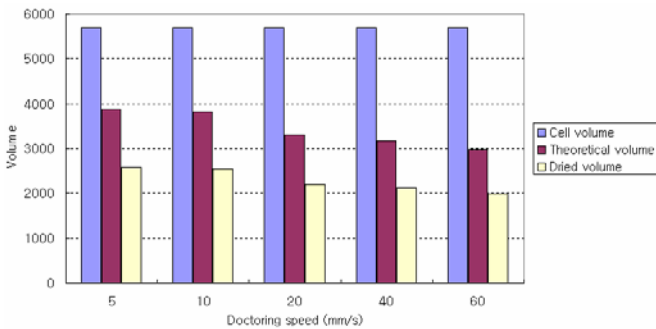


Fig. 4 Gravure doctoring result depending on the doctoring speed.

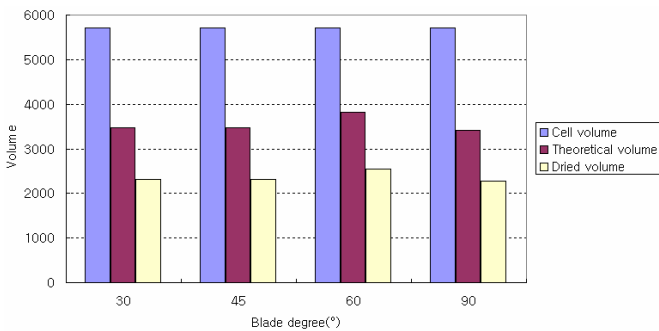


Fig. 5 Gravure doctoring result depending on the blade degree.

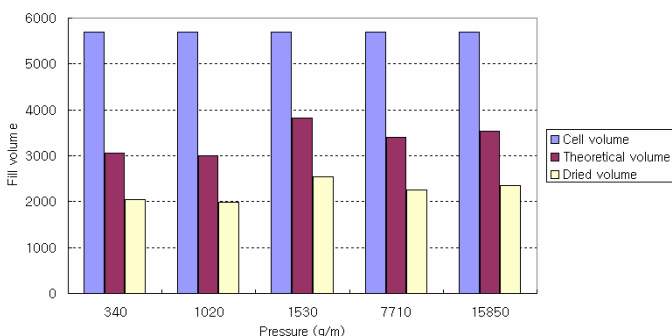


Fig. 6 Gravure doctoring result depending on the doctoring pressure.

### 후기

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 국제 과학기술협력재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. M6060200002-06E0200-00210).

### 참고문헌

- Stack, K. D., "A nonlinear finite element model of axial variation in nip mechanics with application to conical rollers," Ph.D. Thesis, University of Rochester, 1995.
- Yamaguchi, K., Sakai, K., Yamanaka, T., and Hirayama, T., "Generation of Three-dimensional Micro Structure Using Metal Jet," Precision Engineering, 24, pp. 2~8, 2000.
- Hayes, D., Cox, and Grove, M., "Low-Cost Display Assembly and Interconnect Using Ink-Jet Printing Technology," Display Works, 1999.