

롤투롤 인쇄공정에서 기계적 인자가 미세패턴의 인쇄성에 미치는 영향

An Effect of Mechanical Factors on Printability of Micropattern in Roll-to-Roll Printing Process

*이종수¹, 구연호안득¹, 김충환², 신기현^{3,4}, #이동진^{3,4},

*J. S. Lee¹, H. A. D. Nguyen¹, C. H. Kim⁴, K. H. Shin^{2,3} #D. Lee(djlee@konkuk.ac.kr)^{2,3}

¹건국대학교 기계설계학과, ²충남대학교 기계금속공학교육과, ³건국대학교 기계공학부,

⁴건국대학교 유연디스플레이연속공정연구소

Key words: roll-to-roll printing, doctor blade, velocity, printability




1. 서론

롤투롤(Roll-to-Roll) 인쇄 방식은 인쇄전자 소자를 대량으로 생산할 수 있는 유일한 인쇄 방식으로 주목받고 있다. 특히 롤투롤 인쇄 방식을 이용한 미세패턴 인쇄기술은 인쇄전자소자의 성능을 결정하는 차세대 전자부품의 핵심 기술이다. 현재까지 롤투롤 인쇄 방식을 이용한 미세패턴 인쇄기술 연구는 대부분 잉크 물성과 롤에 각인된 패턴의 기하학적 형상에 대한 연구를 바탕으로 수행되어온 반면,¹ 실험에 적용되는 기계적 인자(factor)의 영향에 대한 연구는 미미하다. 본 연구에서는 미세패턴 인쇄성에 영향을 미치는 기계적 인자를 선정하고, 각 인자의 영향을 실험적으로 분석하였다.

2. 기계적 인자 선정

미세패턴의 인쇄성에 영향을 미치는 인자로 닥터 블레이드의 팁(tip)의 형상 및 두께, 닥터 블레이드에 가해지는 압력(doctor pressure), 운전속도가 선정되었다. 실험에 적용된 기계적 인자 및 조건은 Table 1 과 같다.

Table 1 Mechanical factors

Thickness (mm)	Doctor blade		Velocity (m/min)	Nip pressure (bar)
	Pressure (bar)	Tip shape		
1.5	2	Bevel 	0.5	
2.0	3	Lamella 	4.5	5
-	5	Round 	8.5	

3. 실험 결과 및 분석

Fig. 1 은 닥터 블레이드의 두께가 인쇄성에 미치는 영향을 보여준다. Fig. 1 은 두께가 증가함에 따라 패턴의 좌, 우 가장자리가 더 균일하게 인쇄되었음을 보여주는데, 이는 동일한 doctor pressure 에서 두께가 얇아질수록 팁(tip)의 휘는 정도가 증가함에 따라 닥터링 시, 닥터와 롤 사이의 각(wiping angle)이 감소하기 때문이다.⁴ Fig. 2 는 doctor pressure 의 변화가 인쇄성에 미치는 영향을 보여주는데, 이는 doctor pressure 가 증가할수록 패턴 길이에 따른 패턴 폭 및 패턴의 가장자리가 더 균일하게 인쇄 됨을 보여준다. 이는 doctor pressure 가 작을수록 팁이 휘는 정도는 줄어들지만, 인쇄 롤에서의 편심과 같은 기계적 문제로 인해 롤과 닥터 사이에서 발생하는 진동을 보상하는 힘이 감소하기 때문인 것으로 분석된다. 하지만 doctor pressure 가 과도하게 증가 할 경우, wiping angle 의 지나친 감소로 인해 scumming 과 streaking 과 같은 인쇄 결함이 발생할 수 있다.⁴ Fig. 3 은 팁 형상이 인쇄성에 미치는 영향을 보여주며 lamella, bevel, round 타입 순으로 패턴의 가장자리가 더 균일하게 인쇄됨을 보여준다. 이는 닥터링이 진행됨에 따라 팁이 닳게 되는데,² round, bevel, lamella 타입 순으로 닥터링 시간에 따라 팁이 닳는 면적이 크기 때문이다. Fig. 4 는 운전속도가 인쇄성에 미치는 영향을 보여준다. 운전속도가 증가할수록 패턴 길이에 따른 패턴 폭과 패턴의 가장자리가 균일하게 인쇄되

고, 특정 속도 이상부터는 인쇄성이 더 이상 향상되지 않음을 보여준다. 이는 gravure offset 을 이용한 평판 인쇄 시 속도의 영향과 동일한 경향을 보이는데, 롤 패턴에서 웹으로의 잉크 전이 시, 속도가 증가함에 따라 최종 잉크 전이량에 영향을 미치는 liquid filament 의 최소 두께가 감소하기 때문이다.^{2,3} Fig. 5 는 실험에 적용된 기계적 인자 조건을 최적화한 경우, 패턴의 인쇄성을 보여준다. Fig. 5 의 패턴의 두께는 285.6 nm, 폭은 19.19 μ m 로 균일하게 인쇄되었다. 이는 동일한 잉크 물성 및 패턴 형상에서도 기계적 인자에 따라 인쇄성이 크게 달라짐을 보여주며, 기계적 인자들이 패턴의 인쇄성에 중요한 영향을 끼침을 보여준다.

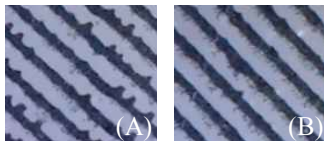


Fig. 1 The effect of doctor blade thickness on printability: lamella tip, pressure of 5 bar and velocity of 5 m/min applied. (A) 0.15, (B) 0.2 mm

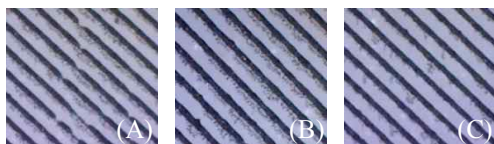


Fig. 2 The effect of doctor pressure on printability: lamella tip, thickness of 0.2 mm and velocity of 5 m/min applied. (A) 2, (B) 3, (C) 5 bar



Fig. 3 The effect of doctor tip shape on printability: thickness of 0.15 mm, pressure of 5 bar and velocity of 5 m/min applied. (A) bevel, (B) lamella, (C) round

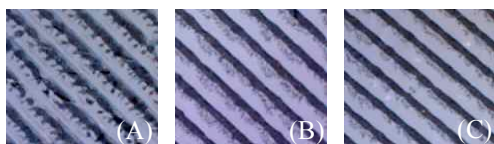


Fig. 4 The effect of operating velocity on printability:

lamella tip, thickness of 0.2 mm and pressure of 5 bar applied. (A) 0.5, (B) 4.5, (C) 8.5 m/min

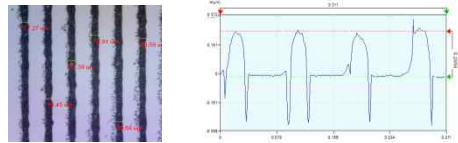


Fig. 5 Optimization of mechanical factors

4. 결론

본 연구를 통해 롤투롤 인쇄공정에서 미세 패턴의 인쇄성에 영향을 미치는 기계적 인자를 선정하고 실험적으로 분석하였다. 실험 결과는 본 연구에서 제시된 기계적 인자들이 잉크전이에 중요한 영향을 끼침을 보여주며, 이는 롤투롤 공정을 이용한 미세패턴 인쇄의 최적 조건을 도출하기 위해서는 기계적 인자들의 영향을 고려한 실험이 수행되어야 함을 시사한다.

후기

이 논문은 지식경제부의 "산업원천기술개발사업(10035641)"의 지원과 2012년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 해외우수연구기관유치사업(2010-00525)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. J. Noh, D. Yeom, C. Lim, H. Cha, J. Han, J. Kim, Y. Park, V. Subramanian, G. Cho, "Scalability of Roll-to-Roll Gravure-Printed Electrodes on Plastic Foils", *IEEE Trans. Electron. Packag. Manuf.*, **33**(4), 275-283, 2010
2. R. Hanumanthu, "Variation of Gravure Coating Thickness During Early Stages of Doctor Blade Wear", *AICHE J.*, **45**(12), 2487-2494, 1999.
3. W. Huang, S. Lee, H. Sung, T. Lee, D. Kim, "Simulation of Liquid Transfer Between Separating Walls for Modeling Micro-Gravure-Offset Printing", *Int. J. Heat Fluid Flow*, **29**, 1436-1446, 2008
4. M. F. J. Bohan, T. V. Korochkina, T. C. Claypole, D. T. Gethin, "Analysis of Doctor Blade Loading and Wear", *TAGA*, 321-331, 2003.