

인쇄패턴의 예측을 위한 롤투롤 프린팅 공정변수의 최적화 Optimization of Roll to Roll Printing Process parameters for an Estimation of Printed Patterns

*김남석¹, #김창완²

*N. S. Kim¹, #C. W. Kim(goodant@konkuk.ac.kr)

¹건국대학교 기계공학과, ²건국대학교 기계설계학과

Key words : Roll to Roll(R2R) printed electronics system, Design of experiments, Optimization

1. 서론

인쇄전자소자 산업의 핵심이라 할 수 있는 전자 프린팅 기술 중 롤투롤 인쇄전자 시스템(Roll to Roll printed electronics system)의 프린팅 기술은 기존의 전자소자 개발 공정에 비하여 공정수 절감으로 인한 시설투자가 대폭 절감되어 우수한 원가 경쟁력을 갖는다는 장점과 함께 고속·대량 생산이 가능하여 센서(sensor), 컴퓨터 메모리(computer memory), RFID(Radio-Frequency Identification), 광전지(photocell), 등의 산업 분야에서 빠르게 적용되어 지속적인 연구가 진행되고 있다. 이러한 롤투롤 방식의 인쇄전자 공정에 있어서 인쇄패턴의 특성은 인쇄물의 기능적 성질에 큰 영향을 미치기 때문에 매우 중요한 이슈라 할 수 있으며, 특히 인쇄패턴의 두께(thickness) 컨트롤이 중요하고 여러 층이 인쇄 되므로 인쇄패턴의 표면조도(surface roughness) 또한 주요 논점의 대상이다.

따라서 본 연구에서는 실험계획법을 적용하여 롤투롤 인쇄전자 시스템에서 인쇄패턴의 특성을 결정짓는 주요 인자(main factor)들이 인쇄패턴의 두께와 표면조도에 미치는 주 효과(main effect)와 교호작용 효과(interaction effect)에 대한 분석이 이루어졌으며, 요구되는 인쇄패턴의 두께와 표면조도를 얻기 위한 수학적 모델이 주요 인자의 함수로서 도출되었다.

2. 실험계획법의 적용

실험계획법을 롤투롤 인쇄전자 시스템 공정에 적용하기 위해 장력·속도·점도·셀 형상 등을 반응변수에 영향을 미치는 주요 인자로 선정하고, 인쇄패턴의 두께와 표면조도를 반응변수로 하는 완전요

인 배치법(full factorial design)의 실험 디자인을 계획하여 8번의 반복 실험을 수행하였다. 반응변수인 인쇄패턴 두께와 표면조도의 측정은 인터페로미터(interferometer) 장비를 통해 이루어졌으며, 측정에 따른 오차를 최소화하기 위해 5번의 반복 측정을 한 후 그 값을 평균하였다.

3. 결과 분석 및 고찰

측정된 반응변수 값을 이용해 주 효과와 교호작용 효과를 산출 할 수 있다. 계산된 주 효과와 교호작용 효과가 실제로 반응변수에 유의한 영향을 파악하였다. 또한 분산분석을 통해 선별된 유의한 교호작용 효과와 각 인자의 주효과로 이루어진 반응변수에 대한 수학적 모델을 도출하였다. 결과는 두께(y_{th})와 표면조도(y_{sr})에 대해서 각각 다음과 같다.

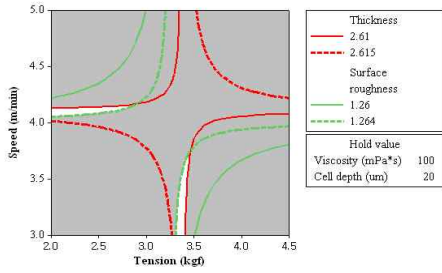
$$y_{th} = 2.4897 - 0.0037x_1 - 0.0313x_2 - 0.1014x_3 + 0.0208x_4 + 0.04x_1x_2 - 0.027x_2x_3 - 0.0203x_1x_3x_4$$
$$y_{sr} = 1.35822 - 0.02116x_1 - 0.00006x_2 + 0.00647x_3 - 0.07037x_4 + 0.02462x_1x_2 + 0.0265x_1x_4 + 0.01631x_3x_4 - 0.01213x_1x_3x_4$$

제시된 모델을 토대로 특정한 인쇄패턴의 두께와 표면조도를 얻기 위해 최적화를 수행하였고, 이를 통해 얻어진 설계변수(인자)들의 수준의 범위는 Fig 1에 나타낸 바와 같이 구할 수 있으며 그래프의 흰 공간이 가능한 인자의 수준을 나타낸다.

4. 결론

본 연구에서는 롤투롤 전자인쇄 공정에서 운전장력, 운전 속도, 전도성 잉크의 점도, 셀 형상 등의 인자들이 인쇄패턴의 두께와 표면조도에 미치는

영향을 실험계획법을 적용하여 분석하여 요구되는 인쇄패턴의 두께와 표면조도를 얻기 위한 유의한 인자들의 함수로 이루어진 수학적 모델을 도출하였고, 이를 통하여 최적화를 수행하여 인자들의 값을 도출하였다.



thickness = $2.61 \mu m$, roughness = minimum value

Fig. 1 Region of the optimum found by overlaying yield, thickness and surface roughness response

후기

본 연구는 서울시 산학연 협력사업 (10848)과 교육과학기술부 해외우수연구기관유치사업 연 (2010-00525)의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사한다.