

롤투롤 핫엠보싱 공정에 관한 연구

Study on the Roll-to-Roll Hot Embossing Process

*#윤동원¹, 손영수¹, 경진호¹, 박희창¹, 이성휘¹, 김병인¹

*#D. W. Yun(dwiyun@kimm.re.kr)¹, Y. S. Son¹, J. H. Kyung¹, H. C. Park¹, S. H. Lee¹, and B. I. Kim¹

¹한국기계연구원 로봇메카트로닉스 연구실

Key words : Roll-to-Roll, Hot embossing, Induction heating

1. 서론

핫 엠보싱은 폴리머를 유리전이온도 이상으로 가열하여 부드러운 상태에서 금형(stamp)을 이용하여 미세구조를 찍고 냉각하여 경화시키는 기술로 마이크론 이하 규모의 극초미세 패턴가공이 가능한 신기술로 최근 각광받고 있다. 핫엠보싱은 핫플레이트를 이용하여 마이크로 및 나노 사이즈의 패턴을 생성하는 연구가 진행되어 왔으나,^{1,2} 플레이트 방식의 핫엠보싱 공정은 최대 폭 400mm 정도로 제한되고 있는 등 대면적화에 제한이 많은 단점이 있다³. 이를 극복하고자 최근 들어 롤투롤 방식 핫엠보싱에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 기존 논문에서는 보다 정밀한 미세 패턴링을 위하여 더욱 균일한 온도 분포를 얻기 위해서 유도가열장치가 내장된 방식의 롤투롤 핫엠보싱 장치에 대한 연구도 진행되었었다⁴. 본 논문에서는 폴리머 소재의 유연 기관상의 마이크로 패턴링을 위한 롤투롤 핫엠보싱 장비 및 공정에 대한 기초적인 연구를 수행하였다.

2. 롤투롤 핫엠보싱 장비의 개발

본 연구에서는 최대 폭 300mm인 폴리머 유연기관에 핫엠보싱 공정을 적용할 수 있는 장비를 개발하고자 하였다. 히팅롤의 가열은 유도가열 방식과 히트파이프의 조합을 사용함으로써, 보다 균일한 온도 분포를 얻을 수 있고, 열매체를 사용하지 않으므로써, 보다 청결한 작업환경을 구현하고자 하였다. Fig. 1에 개발된 장비의 구성도를 보여주고 있다. 패턴링은 가압롤과 백업롤 사이에서 이루어지며, 가압롤은 내부에 유도코일과 히트파이프가 장착되어 열을 발생시키고, 표면에 미세패턴이 각인되어 핫엠보싱 공정에서 몰드로써 작용할 수 있게 하였다. 특히, 본 장비에서는 메인 히팅롤 앞단에 pre-heating 롤을 설치하여 폴리머 유연기관을 예열할 수 있게 하였으며, 백업롤에 냉각기능도 부가하여 다양한 열 공정을 구현할 수 있게끔 하였다.

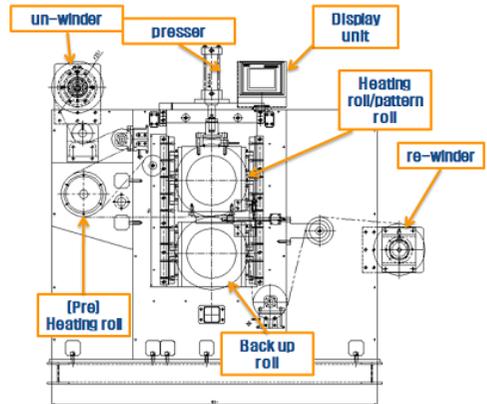


Fig. 1 Drawings of roll-to-roll hot embossing system

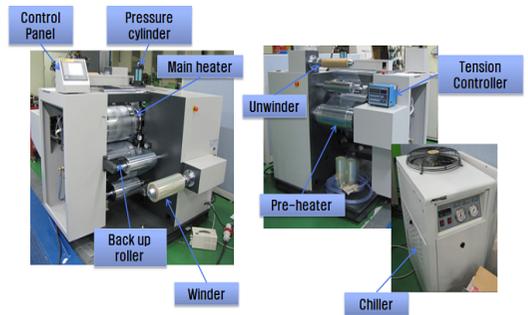


Fig. 2 Roll-to-roll hot embossing apparatus

Fig. 2에 제작된 롤투롤 핫엠보싱 시스템을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 개발된 시스템은 크게

- 장비 작동을 위한 제어판넬
- 가압 실린더 및 유압 장치
- 예비 가열롤 (Pre heater)

- 본 가열 롤 (Main heater)
- 필름 와인더 & 언윈인더
- 장력제어기
- 백업롤 (Back up roller)

으로 구성되어 진다.

3. 롤투롤 핫엠보싱 공정실험

본 절에서는 앞 절에서 개발된 롤투롤 핫엠보싱 장비를 활용하여 수행한 핫엠보싱 공정 실험에 대해서 논하고자 한다.

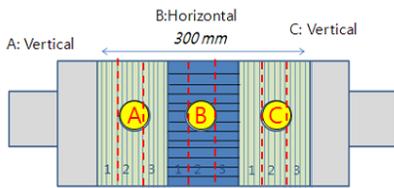
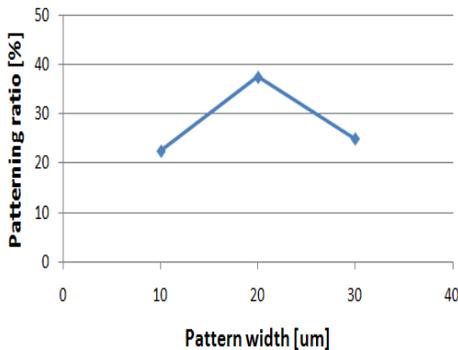
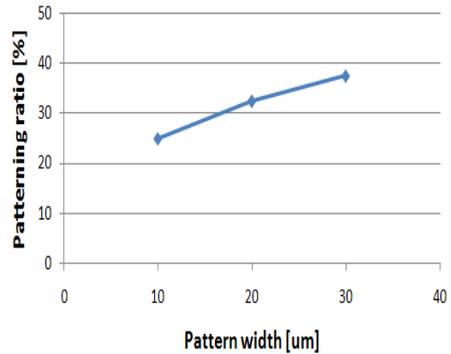


Fig. 3 Patterns on the roll

Fig. 3에 롤위에 배치된 몰드의 방향을 보여주고 있다. A, C 영역은 10, 20, 30um의 폭을 가지는 세로미세패턴으로 이루어져 있으며, B 영역은 20, 30, 40 um 폭을 가지는 가로미세패턴으로 구성되어 있다. 실험시 사용한 유연기판의 재질은 PET이며, 두께는 230um 이다. 온도는 약 110도를 유지하고, 양쪽 유압실린더의 누르는 힘은 약 3톤 정도이다. Fig. 4에 패턴의 방향에 따른 각인률의 변화를 보여 주고 있다. 전반적으로 가로 패턴의 각인률이 좀 더 나은 것을 알 수 있었다.



(a) Vertical pattern



(b) Horizontal pattern

Fig. 4 Variation of patterning ration according to patterning direction

4. 결론

본 연구에서는 300mm 폭의 유연기판에 연속공정으로 각인할 수 있는 롤투롤 핫엠보싱 장비의 개발 및 기본적인 공정 실험을 수행하였다. 공정실험에서 직선 패턴의 방향에 따른 각인률의 변화를 관찰하였으며, 실험결과 가로방향의 패턴이 좀 더 각인이 잘 된다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Ahn, Se Hyun; Guo, L. Jay (2008). "High-Speed Roll-to-Roll Nanoimprint Lithography on Flexible Plastic Substrates," *Advanced Materials* **20**, 2044-2049, 2008
2. Tusty, J., Smith, S. and Zamudia, C., "Operation Planning Based on Cutting Process Model," *Annals of the CIRP*, **39**, 517-521, 1990.
3. Youngtae Cho, Sin Kwon, Jung-Woo Seo, Jeong-Gil Kim, Jung-Woo Cho, Jung-Woo Park, Hyuk Kim, Sukwon Lee, "Development of large area nano imprint technology by step and repeat process and pattern stitching technique," *Microelectronic Engineering*, **86**, 2417-2422, 2009
4. 윤동원, 경진호, 손영수, 신영재, 김병인, 이성휘, "마이크로 패턴성형을 위한 유도가열방식 핫엠보싱 히팅롤 해석", *대한기계학회 마이크로/나노공학 춘계학술대회*, 140-141, 2010