

니켈 스탬프를 이용한 롤투롤 핫엠보싱 장비의 개발 Development of Roll-to-roll Hot Embossing System Using Ni Stamp

* #윤동원¹, 경진호¹, 박찬훈¹, 이성휘¹, 김병인¹

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

¹ 한국기계연구원 로봇메카트로닉스 연구센터

Key words : hot emboss, roll-to-roll, Ni stamp

1. 서론

핫 엠보싱은 폴리머를 유리전이온도 이상으로 가열하여 부드러운 상태에서 금형(stamp)을 이용하여 미세구조를 찍고 냉각하여 경화시키는 기술로 마이크론 이하 규모의 극초미세 패턴 가공이 가능한 신기술로 최근 각광받고 있다. 하지만, 300mm 웨이퍼 처리가 가능한 중저온 엠보싱에 비해 고온 엠보싱은 작업면 전체에 균일 온도와 압력을 부가하는데 기술적인 어려움이 있어 작업면적이 100mm 웨이퍼 수준에 머무르고 있으며 대면적화 기술 확보는 고온 엠보싱 장비 개발 경쟁의 핵심적 화두이다. 따라서, 기존의 대면적화에 제한이 많은 평판형 핫엠보싱 장비의 단점을 극복하고자 롤투롤 연속 생산방식의 핫엠보싱 장비에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다^{1,2}. 기존 논문에서는 보다 정밀한 미세패터닝을 위한 더욱 균일한 온도 분포를 얻기 위해서 유도가열장치가 내장된 방식의 롤투롤 핫엠보싱 장치에 대한 연구도 진행되었었다^{3,4}. 본 논문에서는 반도체 공정을 이용하여 제작된 니켈 스탬프를 이용한 롤투롤 핫엠보싱 장비의 개발에 대해서 연구를 수행해 보았다.

2. 본론

롤투롤 핫엠보싱 장비에서 미세 패턴이 형성되어 있는 스탬프를 제작하는 방법은 여러 가지가 있으나, 본 논문에서는 반도체 공정을 이용하여 니켈 박막에 형상을 제작하기로 하였다. 반도체 공정으로 제작할 수 있는 가장 큰 사이즈인 8인치 웨이퍼를 이용하여 스탬프를 제작하기로 하였다.

Fig. 1에 스탬프 제작을 위한 마스크의 도면을 보여주고 있다. 패턴의 폭은 20~170um로 다양한 크기의 패턴을 만들었으며, 심도는 25um 이다. 이러한 형태의 마스크를 이용하여 니켈 스탬프를 제작하였으며, Fig. 2와 같이 히팅롤의 표면에 장착하였다.

롤투롤 공정을 위해 제작된 롤투롤 장비가 Fig. 3에 나와 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 롤투롤 장비는 가압을 위한 가압롤이 상부에 가압실린더와 체결되어 있고, 미세패턴을 위한

히팅롤 겸 패턴롤이 하단에 설치되어 있다. 히팅롤은 유도가열기가 내부에 내장되어 있으며, 히트 파이프가 길이 방향으로 다수개 설치되어 있어, 롤의 표면 온도균일도가 우수하며, 실험을 통하여 롤길이 200mm를 따라서, ±1°C 이내의 온도 균일도를 보임을 알 수 있었다. 이때, 유도코일에 인가되는 전류는 최대 40A이며, 턴수는 125턴, 가진

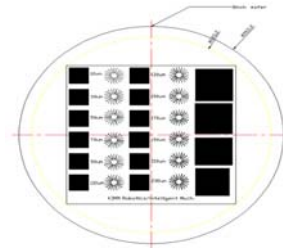


Fig. 1 Drawing of mask.



Fig. 2 Fabricated Ni stamp fastened on the roll.

주파수는 60Hz로 하였다. 롤의 가압을 위해서 롤의 양 끝에 공압 실린더를 부착하여 가압을 하였다. 롤의 회전을 위해서 DD 모터를 사용하였으며, 온도 측정은 롤의 길이 방향으로 일정간격으로 열전대를 이용하여 측정하였다. Fig. 3 (a)는 실험을 위한 전체 시스템을 보여주고 있으며, Fig. 3(b)는 롤투롤 장비의 핵심부인 롤 이송부를 보여주고 있다. 시스템은 크게 3부분으로 나누어져 있으며, 롤투롤 작업이 이루어지는 본체, 유도전력을 공급 및 제어하기 위한 전력변환부, 모터 제어와 측정이 이루어

어지는 시스템 제어기로 구성된다. web을 feeder를 통해서 공급하면 가압롤과 히팅롤 사이를 지나가게 되며, 이때 압력과 열을 가하여 패턴롤의 패턴을 웹에 전사하게 된다. 최적의 공정 조건을 찾아내기 위하여 온도와 압력을 변화시키며 실험을 수행하였으며, 이때, 웹의 이송속도는 0.8m/min로 고정하였다. 가압력은 400kgf~2000kgf 까지 가하였으며, 온도는 80℃~160℃까지 변화시키며 실험을 수행하였다.



Fig. 3 Hot embossing R2R system.

생성된 패턴의 품질을 측정하기 위하여 Fig.4와 같이 Confocal Microscope를 이용하여 패턴의 심도와 폭을 측정하기로 하였다. 그리고, 몰드폭에 따른 패턴의 폭과 심도의 변화를 Fig. 5에 정리하였다. 패턴 양상을 보다 정확히 보고자, 각인률을 계산해 보았으며, 그 결과가 Fig. 6에 나와 있다. 그래프에서 알 수 있듯이, 몰드의 폭이 증가함에 따라 각인률이 감소하는 경향이 있음을 알 수 있었다. 그러나, 몰드 폭이 200um를 넘어감에 따라 각인률이 상승함을 알 수 있는데, 이는 몰드폭과 피치의 비가 역전하기 때문이다. 형성되는 패턴의 폭은 몰드의 폭을 잘 추종함을 알 수 있었다.

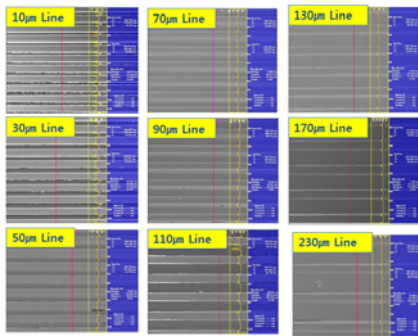


Fig. 4 Pattering results.

3. 결론

본 논문에서는 롤투롤 방식 핫엠보싱 장비의 개발에 대해서 논의하였으며, 특히, 니켈 스템 프를 이용한 각인에 대해서 알아보았다. 개발

된 장비에 의해서 PEN 소재에 각인이 잘 됨을 알 수 있었고, 각인률은 패턴의 폭이 작을수록 잘 나왔으며, 전체적으로 40% 정도 됨을 알 수 있었다.

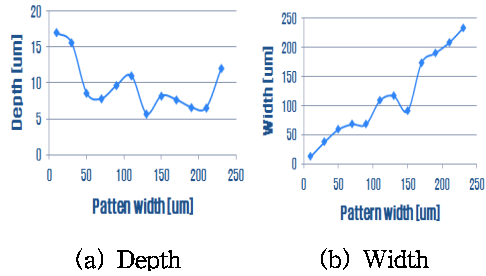


Fig. 5 Variation of depth and width.

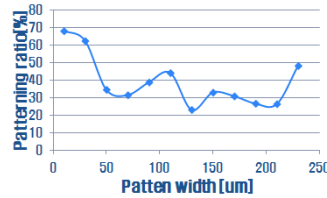


Fig. 6 Pattering ratio.

참고문헌

1. Se Hyun Ahn and L. Jay Guo, "High-Speed Roll-to-Roll Nanoimprint Lithography on Flexible Plastic Substrates," *Adv.Mater.*,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. 윤동원, 경진호, 손영수, 신영재, 김병인, 이성희, "마이크로 패턴성형을 위한 유도가열방식 핫엠보싱 히팅롤 해석", 대한기계학회 마이크로/나노공학 춘계학술대회, 140-141, 2010
4. D.Yun, C.Park, B.Kim, S.Lee, "Development of R2R hot embossing heating roll system", *IWMF*, 443-446, 2010