

하이브리드를 구조설계에 따른 열특성 해석

Thermal Characteristics Analysis on the Structural Design of Hybrid roll

*#김병인¹, 손영수², 박희창², 윤동원², 조상현²

*#B.I. Kim(kimbi@kimm.re.kr)¹, Y.S. Son², H.C. Park², D.W. Yoon², S.H. Jo²

^{1,2}한국기계연구원 로봇메카트로닉스연구실

Key words : Hybrid roll, Structural Design, Thermal Characteristics Analysis

1. 서론

산업분야에서 전자 및 디스플레이 산업 관련 부품의 소형화와 고정세화 및 박판화 추세에 따라 정밀한 미세패턴 제작 공정의 성능향상이 더욱 요구되고 있다. 이에 미세부품을 제조하는 제조장비에 있어서도 정밀성을 요하며 또한 고생산성과 원가절감노력은 필수적 요소가 되어가고 있다. 특히, 모바일 디스플레이 사업에 각광 받고 있는 플렉시블 디스플레이(Flexible Display)에 필수적인 유연성 기관(종이 또는 플라스틱 등) 위에 패터닝/프린팅 공정을 이용하여, 정밀도 수~수십 μm 급의 저가의 기전소자 및 인쇄전자소자 제품을 만들 수 있는 향후 거대시장 형성에 대응할 수 있는 연속 생산 시스템개발과 이에 사용되는 미세 패터닝 기술개발이 더욱 필요하다. 미세패턴 가공을 위해 사용되고 있는 X-선을 이용한 LIGA 공정이나 미세기계가공방식은 경제적, 기술적 한계가 드러나고 있어 수십 μm 이하의 극초미세 형상제작이 가능한 새로운 기술과 장비가 요구되고 있다. 위의 미세가공 공정의 대안으로 떠오르고 있는 기술이 핫엠보싱기술이다. 핫엠보싱(Hot Embossing) 기술은 폴리머를 전이온도 이상으로 가열하여 부드러운 상태에서 금형(Stamp)을 이용하여 미세구조를 찍고 냉각하여 경화시키는 기술로 마이크로 이하 규모의 극초미세 패터닝공정이 가능한 기술이다. 핫엠보싱 공정에서 원하는 패턴을 얻기 위해서는 폴리머 재질의 유연기관이 몰드의 형상대로 변형되고 형상을 유지하기 위한 가열과 냉각의 열적사이클의 정밀 온도 조절 기술 및 가압 프로파일(Profile)기술에 대한 공정 구현 기술이 필요하다.[1,2,3] 현재 산업분야에서 개발되어 사용되는 롤투롤 핫엠보싱 장비는 대부분이 압력을 가하는 가압롤(Press Roll)과 백업롤(Back-up Roll) 사이에

유연기관을 통과시키면서 가압 및 가열하여 소성 가공 하여 패턴을 형성하는 공정일 거치고 있다.

이러한 공정은 롤 사이에서 선접촉을 하게 되며 접촉되는 과정에서 성형이 이루어진다. 이에 따라, 패턴이 형성되기 위해서는 능동적이지 못한 온도 제어로 인해 패턴의 심도에 나쁜영향을 미친다. 이러한 롤투롤 핫엠보싱 장비에서 사용되는 롤은 주로 히팅기능만 있는 히팅롤을 단독으로 사용하며, 온도의 갑작스런 변화에 대응이 어렵고, 다양한 공정조건 설정에 한계가 있다.

본 연구는 유도가열과 수냉을 통한 냉각이 하나의 롤에서 이루어져 온도변화에 자유로운 하이브리드를 개발하려 한다. 이중 최적의 하이브리드 롤 셀두께(Shell thickness)를 선정을 위해 열특성해석과 구조해석을 수행하고자 한다.

2. 하이브리드의 설계

본 연구를 통해 개발하는 하이브리드롤은 온도를 능동적으로 제어할 수 있는 히팅롤로 히트파이프를 삽입하는 기존의 히팅롤과는 다르게 열매체를 롤러 내부에 주입 후 진공 처리하여 롤러 전체가 히트파이프 역할을 할 수 있도록 설계 하였고 롤러부에 냉각관을 삽입하여 냉동기를 통한 냉각기능도 수행 가능하도록 하였다. 기존의 히팅롤과 큰 구조는 같으며 구성은 와전류를 발생하여 열원으로 작용하는 보빈 코어부와 피가열물에 직접적으로 닿는 롤러부, 롤러부가 회전이 가능하도록 롤러 양단에 체결되어 있는 저널부로 나눌 수 있다. 하이브리드롤의 전체 구조는 Fig 1과 같다.

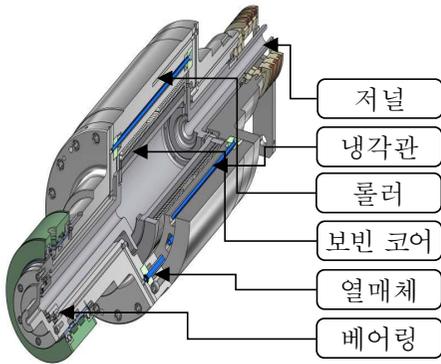


Fig. 1 Structure of Hybrid roll

3. 하이브리드 롤 열특성해석 및 구조해석

Fig 1의 구조로 설계되어 있는 하이브리드롤의 쉘두께에 따른 열특성해석과 구조해석을 실시하였다. 열특성해석은 열매체가 일정한 온도를 유지한다는 가정 하에 삽입된 부분에 온도조건을 주고 대기와 접촉하는 부분은 대류조건을 주어 해석하였으며 롤이 같은 패턴으로 설계되었기 때문에 패턴의 일부를 해석하였다. 온도는 목표온도 150℃이고 같은 시간조건으로 해석하였다. 변위량을 보기위한 구조해석은 베어링 설치 부를 고정하고 사용압력인 30kN을 가하였다. 열전달해석 결과는 Fig 2와 같고 구조해석의 결과는 Fig 3과 같다.

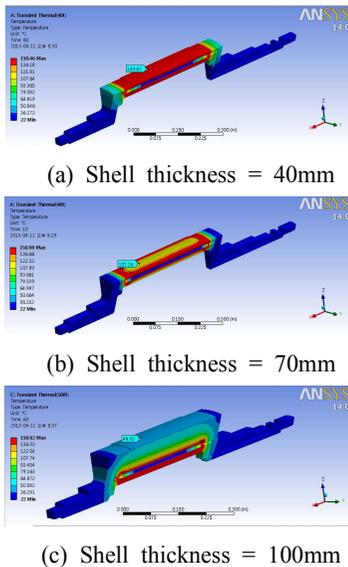


Fig. 2 Thermal Characteristics Analysis on the thickness of the shell

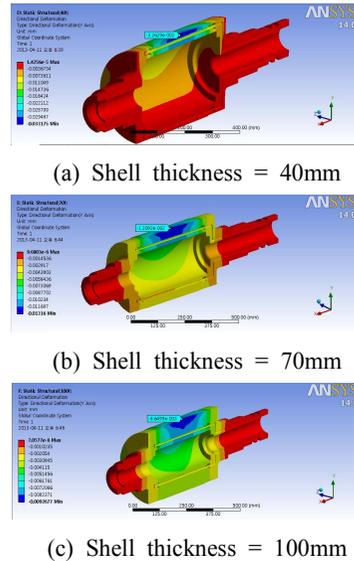


Fig. 3 Structural Analysis on the thickness of the shell

4. 결론

해석 결과 열전달의 경우 같은 시간내에 쉘두께가 40mm일 때 피가열물 접촉면이 목표온도인 150℃에 가장 빠른 시간에 도달하였지만 구조해석에서 30μm의 변위량이 나타나 허용 목표 변위량인 15μm보다 크기 때문에 적합하지 않으며 쉘두께가 100mm인 경우는 열효율이 좋지 못하기 때문에 적합하지 않다. 쉘두께가 70mm일 때 변위량이 13μm로 허용 변위량에 가장 가까우며 열효율 또한 허용범위 내에 있기 때문에 가장 적합한 쉘두께이다.

향후 해석을 통해 선정된 쉘두께를 적용하여 실제 하이브리드롤을 제작하여 실험을 통한 검증을 하고자 한다.

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. 박희창, 손영수, "인쇄적용 히팅 냉각롤러의 개발현황과 기술적용", 기계와 재료 13권 3호, pp.33-42, 2001
3. 김기문, 장석명, 전자기 유도가열 히팅롤의 설계 및 특성 시험, 충남대학교, 2000