

롤투롤(Roll-to-Roll) 연속공정에서 공기부양 회전이송 시스템(Air-turn Bar) 유체 구조 연성해석

FSI Analysis of Air-turn-Bar System

in Roll-to-Roll Continues Process

*이은규¹, 김남석², 마이덕다이², #김창완²

*E. K. Lee¹, N. S. Kim², M. D. Dai², #C. W. Kim(goodant@konkuk.ac.kr)²

^{1, 2, #}건국대학교 기계설계학과

Key words : FSI(Fluid Structure Interaction), Roll-to-Roll, Air-turn Bar

1. 서론

롤투롤(Roll-to-Roll) 연속공정은 초고속 대량생산이 가능한 높은 생산성의 특징을 가지는 각광받는 인쇄 산업분야 기술이다. 이러한 공정에서 순차적으로 이루어지는 인쇄필름 이송 과정에서 롤(Roll)과의 접촉이 발생하게 됨에 따라 형성된 인쇄패턴의 손상을 초래하게 된다. 따라서 유체 압력을 이용한 비접촉 방식의 공기부양 회전이송 시스템인 Air-turn-Bar 구조를 도입하여 이를 해결하고 있다. 이는 롤 표면에 노즐(nozzle)을 설치하여 롤과 필름 사이에 공기압력(air pressure)에 의한 간극을 형성하게 해 줌으로써 접촉을 방지하여 인쇄필름의 회전이송을 구현하는 장치이다.

노즐을 통하여 분사되는 압축공기는 그 압력 변화에 따라 필름 및 인쇄패턴 표면에서의 거동과 응력에 영향을 주는 중요한 인자이며 롤 표면에서의 노즐의 배치와 구성 또한 중요하게 작용한다. 롤투롤 전자인쇄 연속공정에서 운전장력의 변화는 인쇄품질을 저하시키고 주름 등의 발생을 일으키는 요인으로 작용하며, 필름의 거동에 의한 접촉의 발생 또한 Air-turn Bar 에서 고려해야 할 부분이다.

따라서 본 연구는 인쇄패턴의 형성 후 이송에 의한 손상을 방지하며 롤투롤 연속공정을 유지하기 위한 공기부양 회전이송 시스템에 대하여 유체-구조 연성해석(FSI)을 실시 함으로써, 공기역학적 효율 특성 분석 및 인쇄필름에 미치는 압력에 의한 거동을 파악

함으로써 공정수를 최적화를 위한 연구이다.

2. 유체해석

Air-turn Bar 롤의 내부로부터 노즐을 통하여 필름 표면으로 분사되는 압축공기에 의한 유동 해석을 실시하였다.

먼저 노즐 출구에서의 분사 압력을 구하기 위하여 노즐 내부의 유동장에 해당하는 체적(volume)을 생성하여 롤의 내부에서 작용하는 초기 압력을 입력조건으로 적용하여 노즐의 출구 면에 해당하는 영역에서의 압력을 구하는 과정을 실시하였다. 이는 노즐의 분사 압력 조건에 해당하는 값으로 롤과 인쇄필름 사이의 유동 해석을 위한 입력조건으로 적용된다.

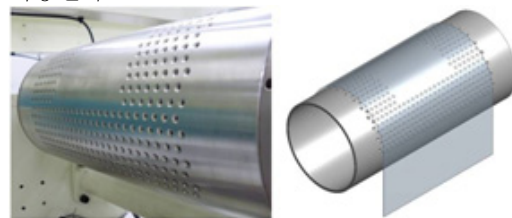


Fig. 1 Air-turn Bar system and 3-D CAD model

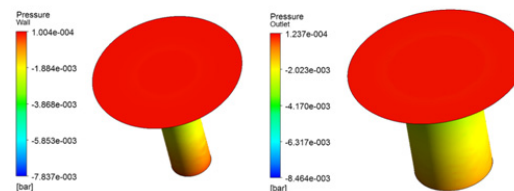


Fig. 2 Result plot of Nozzle test (type A and B)

롤 표면으로부터 인쇄필름 사이의 유체 흐름에 따른 압력분포를 해석하기 위하여 유동장에 해당하는 영역의 체적을 생성하고 유체해석을 실시 하였다. 여기서 롤 표면에 해당하는 면에서는 노즐의 배치에 따른 압력의 적용을 위한 경계 면을 생성하고, 노즐 해석을 통하여 얻은 노즐 출구 부에 해당하는 압력을 입력조건으로 적용하였다. 롤의 표면 및 인쇄필름 표면에 해당하는 영역에는 벽면 조건을 설정하고 압축공기가 빠져 나가는 구간에 해당하는 영역에 대해서는 개방조건(opening)을 적용하였으며, 모델의 대칭성을 고려하여 해석에는 1/2 모델을 사용하였다.

3. 구조해석

인쇄필름에 추가되는 압력에 의한 필름의 거동과 응력 분포를 해석하기 위하여 유체해석 과정에서 얻을 수 있었던 인쇄필름 면에 대한 압력분포를 입력조건으로 하는 구조해석을 실시 하였다.

인쇄필름에 해당하는 면에 대하여 동일한 배치를 이루며 두께와 구조물성을 가지는 표면모델을 생성하여 유동장과 맞닿은 내부 면에 대하여 압력조건을 적용하는 구조해석을 실시하여 각 좌표 성분에 대하여 변형에 대한 거동과 응력의 분포를 얻을 수 있었다.

4. 결론

롤투롤 연속공정에서 인쇄소자의 손상을 방지하며 공정의 연계를 이루기 위한 공기부양 회전이송 시스템에 대하여 유체-구조 연성해석을 실시 함으로써 인쇄필름에 적용되는 압력에 대한 변형과 응력분포의 거동을 확인하였다. 노즐해석의 결과를 통하여 롤과 인쇄필름 사이의 유동장에서 입력조건에 해당하는 노즐출구 압력을 구할 수 있었으며 전체 유체해석에서 필름 면에 해당하는 벽면의 압력 분포를 구조해석으로 연계하여 Air-turn Bar 공기역학적 효율특성 분석을 통한 인쇄필름에서의 변형에 의한 거동과 응력 분포를 확인 할 수 있었다. 이는 연속공정에서 운전장력에 영향을 주는 인자로서 작용하는

부가 압력에 대한 고려를 위한 요인으로 그 값을 파악할 수 있을 뿐 아니라 인쇄필름의 이송 거동으로인한 접촉 발생의 경향을 파악하기 위하여 활용 될 수 있다.

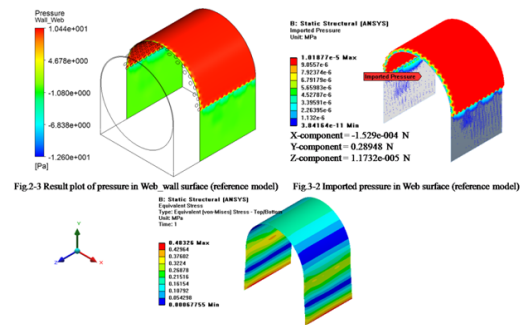


Fig. 3 Result plots of pressure in Web wall surface and imported pressure in Web surface

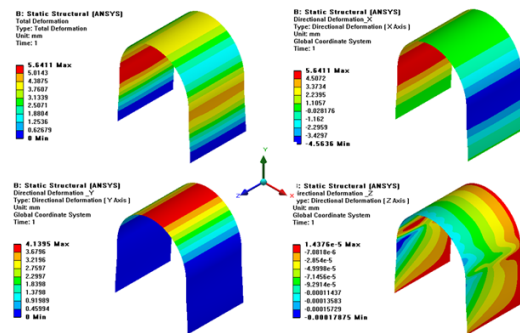


Fig. 4 Result plots of Static Analysis in Web surface

후기

본 논문은 2010년도 “서울시 산학연 협력사업(10848)”, “정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 해외우수연구기관유치사업(2010-00525)”의 지원을 받아 수행된 연구임.