

유체 댐핑효과를 고려한 피에조 타입 잉크젯 노즐의 유동해석

The fluid analysis of piezo type inkjet nozzle considering damping effect

*이창규¹, #오제훈¹

*C. K. Lee¹, #J. H. Oh(jehoon@hanyang.ac.kr)¹


¹한양대학교 기계공학과

Key words : inkjet, FSI (fluid-structure interaction), fluid simulation, volume of fluid

1. 서론

최근 들어 잉크젯 기술은 공정의 단순함, 환경 적합성 등의 장점과 산업적 측면에서의 활용가능성을 기반으로 기존의 리소그래피 공정을 대체하기 위하여 활발히 연구되고 있다¹. 하지만 잉크젯 기술은 마이크로 단위의 형상을 가지고 있기 때문에 분석 및 예측에 큰 어려움이 있어 유동해석을 통한 시스템 분석이 불가피하다. 그래서 이에 대한 해석들이 기존에 수행되었지만 대부분의 연구들이 유체가 구조해석에 미치는 댐핑영향을 무시하고 또한 구조해석의 결과를 단순히 유동해석에 적용시키는 단계에 그쳤다^{2,3}. 하지만 유체의 댐핑을 고려했을 때와 고려하지 않았을 때 glass의 변위거동은 차이를 보인다. 그래서 본 논문에서는 이러한 효과를 고려한 연성해석이 수행되었고 실험결과와 비교하여 해석의 타당성을 검증하였다.

Table 1 Inkjet tube specification

Model	MicroFab MJ-AT-01-30
Single Nozzle Head (Image)	
Drop Size	20~30 pl
Nozzle Diameter	30 μm
Viscosity	0.5~20 (mPa*s)
Surface tension	20~70 (mN/m)

2. 유한요소 모델링

본 논문에서 수행된 해석에서는 피에조 튜브 타입 상용 잉크젯 헤드 (MicroFab Co.)를 참조하였고, 잉크젯 헤드의 상세 스펙 및 실제 사진과 작동 가능 유체영역을 table 1에 나타내었다. 연성해석을 수행하기 위해 상용 프로그램 ANSYS를 사용하였고, PZT, glass 그리고 유동해석영역으로 이루어진 axisymmetric 모델을 구성하였다. Fig. 1은 자세한 치수 및 형태를 나타내고, 작동유체로는 DI water가 사용되었다. 해석에서는 PZT 부에 전압이 시간에 따라 변화하는 경계조건으로 입력되며, 그로 인해 PZT와 그에 접한 작동유체를 감싸고 있는 glass 부분에 구조적 변형이 발생해 glass 내의 작동유체의 토출을 유도한다. 전체 모델링의 노드 개수는 110,472개이고, 유동영역의 노드 개수는 82,461개이다.

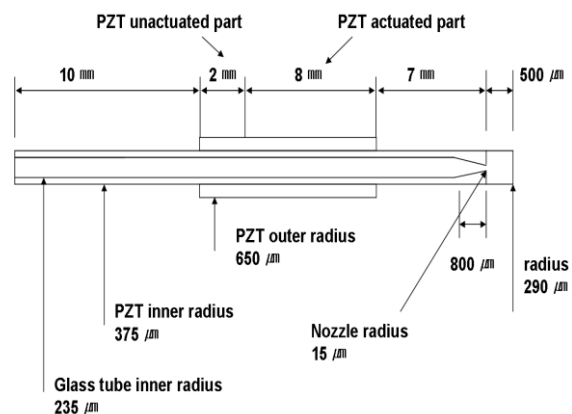


Fig. 1 Modeling of piezo type inkjet nozzle

실제와 더 유사한 해석을 수행하기 위하여 드라이버에서 잉크젯 장비로 입력되는 실제 구동전압을 오실로스코프를 이용하여 측정하고 그 결과를 해석에 사용하였다. Fig. 2 는 시간 별 입력 전압과형과 실제 출력 전압과형을 나타낸다. 본 논문에서 사용 된 해석기법은 양방향 연성으로써, 각 time step 마다 구조해석의 결과로 발생 된 변위가 유체영역에 경계조건으로 입력되고, 유체유동에 의해 발생한 압력이 구조 영역에 경계조건으로 적용된다. 이러한 과정을 거쳐 계산 된 유체영역의 노드변위를 액적계면을 예측하는 해석기법인 V.O.F 해석을 수행하기 위해 상용 유동해석 프로그램 FLUENT 를 이용하였고, 앞에서 연성해석을 통해 얻어진 노드변위를 경계 조건으로 사용하였다. 노드의 변위는 0.1 μsec 마다 변화한다.

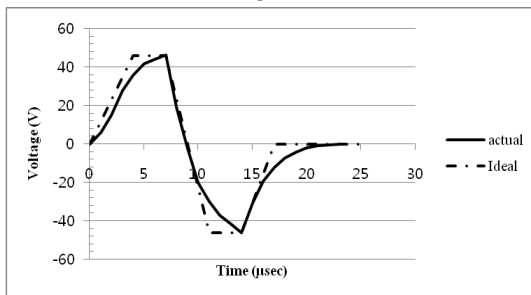


Fig. 2 Ideal and actual voltage waveform

3. 결과 및 고찰

토출현상을 명확하게 관찰하기 위하여 노즐부분에 집중하여 토출이 진행되는 순간부터 5 μsec 의 시간 증분을 가지고 DI water 의 계면을 보였다(Fig. 3). 결과적으로는 이번 해석에 사용한 구동전압이 DI water 의 물성에 비해 너무 커서 수렴성이 좋지 않았다.

4. 결론

이상의 결과를 통해 유체의 댐핑효과를 고려한 잉크젯 토출 시뮬레이션이 가능함을 보였다. 해석에서 수렴이 잘 되지 않는 문제가 생겼지만 연성해석과 유동해석에서 0.1 μsec 보다 더 작은 time step 을 이용한다면 해결 될 것 이다. 이후의 연구에서는 본 해석기법을 이용하여 잉크젯 토출 시 유체 내에서 일어나는 현상을 분석하고 잉크젯 기술의 생산성 향

상을 위한 방안을 모색 할 예정이다.

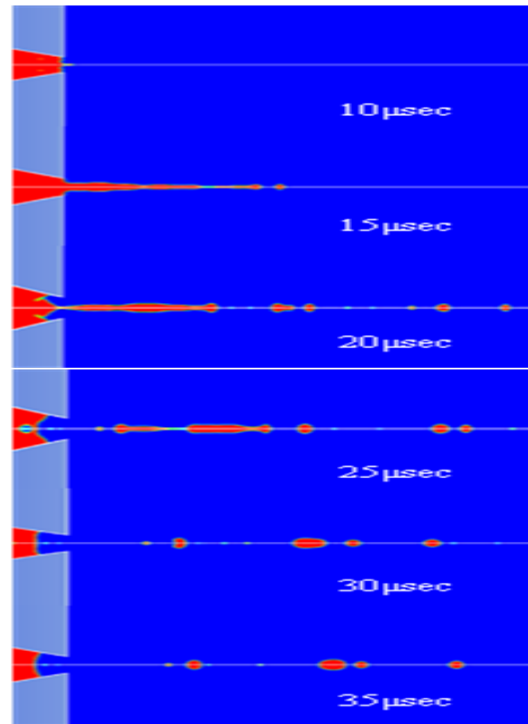


Fig. 3 Droplet ejection contour for 46 V waveform

후기

이 논문은 2010 년 정부(교육 기술 과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행 된 연구임 (과제번호 : 3120100000000721)

참고문헌

1. Hue P. Le, "Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology," Image Science and Technology, Vol. 42, No. 1, pp. 49-62, 1998.02.
2. A-S Yang, "Ejection Process Simulation for a Piezoelectric Microdroplet Generator," Journal of Fluids Engineering, Vol. 128, pp. 1144-1152. 2006.
3. John R. Richards, "Drop formation in liquid systems before and after jetting," Physics of Fluids, Vol. 7, No. 11, pp. 2617-2630, 1995.11.