

# 수격 현상의 완화를 위한 압력센서 내부 형상 연구

김종현\*, 이준성\*, 조성규\*\*  
\*경기대학교 기계시스템공학과  
\*\*경기대학교 대학원 기계공학과  
jslee1@kyonggi.ac.kr

## A study on the internal shape of the pressure sensor to relieve the water hammer pressure

Jong-Hyun Kim\*, Joon-Seong Lee\*, Sung-Gyu Cho\*\*  
\*Dept. of Mechanical System Engineering, Kyonggi University  
\*\*Dept. of Mechanical Engineering, Graduate School, Kyonggi University

중장비에 들어가는 압력센서는 유체를 직접적으로 받으면서 압력을 측정하게 된다. 장비의 작동에 따라 수격현상이 발생하게 되고, 순간적으로 높은 압력에 노출되어지는데, 이는 센서의 고장과 수명에 큰 영향을 끼친다. 본 연구에서는 센서에 닿는 압력을 완화시키기 위하여 내부에 댐핑 역할을 하는 노즐의 형상을 설계하고, 상용해석코드인 Ansys Fluent를 사용하여 형상에 따른 압력의 완화를 비교하였다.

### 1. 서론

일반적으로 압력센서의 핵심기술은 국가적으로 투자를 집중하고 있는 일본, 유럽, 미국 기업을 중심으로 선도하고 있어 해외의존도가 매우 높은 실정이다. 국내 산업 생태계도 외산 업체 제품 적용에 따른 반사 이익을 경제성, 유지보수 등 다 방면에서 기대하기 어렵다.

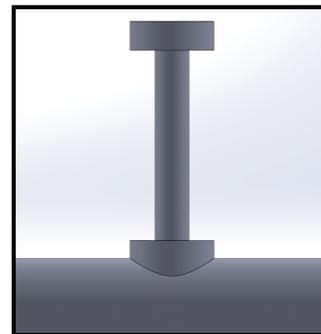
배관 내에 흐르는 유체가 펌프의 멈춤이나 밸브의 폐쇄 혹은 배관의 곡률로 인하여 갑자기 정지하거나, 방향이 바뀔 때 운동에너지가 압력에너지로 바뀌면서 배관을 왕복하는 압력파가 발생한다. 이때 발생하는 압력파는 배관을 왕복하면서 진동하게 되고 과도한 떨림이나 캐비테이션 등을 발생시켜 배관의 파손을 일으키게 되는데 이러한 현상을 수격 현상이라고 한다[1].

수격현상은 배관뿐만 아니라 배관에 장착되는 압력센서에도 영향을 끼치는데, 현대 캐피코는 맥동 현상과 같은 지속적인 과압에 의한 압력센서 보호를 위해 충격 방지 구조를 연구하여 특허로 등록하였다[2].

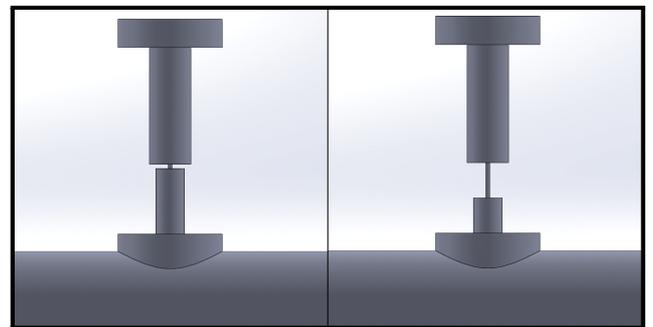
PD Howel과 Danfoss社は 배관에 장착된 압력 센서의 댐핑 노즐에 의한 압력 완화를 연구하여, 수치적으로 분석하여 내부 관로가 좁아짐에 따라 압력이 강하됨을 설명하였다[3]. 따라서 본 연구에서는 압력 완화를 위한 내부 부품 즉 ‘Pulse Snubber’를 모델링 하였고, Pulse Snubber의 형상과 유무에 따라 수격현상에 의해 센서부가 받는 압력을 비교하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 Pulse Snubber 형상



[그림 1] Without Pulse Snubber



[그림 2] With Pulse Snubber A, B

길이 3000mm, 지름10mm 의 배관 중간에 압력 센서의 내부 유동장을 Pulse Snubber의 유무에 따라 설계하였다. 또한 관로의 길이를 늘린 형상을 추가로 설계하여 비교하였다. [그림 1]은 Pulse Snubber 형상이 없는 유동장을 모델링하였고, [그림 2]의 왼쪽 A는 Pulse Snubber 내부 관로가 짧은 것을, 오른쪽 B는 내부 관로가 긴 것을 나타내었다.

### 2.2 경계조건

펌프의 정지에 의한 수격현상을 나타내기 위해 Inlet에서 0.2초까지 2kg/s만큼의 유량이 흐르고, 이후에는 0kg/s가 되도록 조건을 설정하였다.

사용한 난류모델은 K-Epsilon Standard이며, PISO 알고리즘을 사용하여 계산하였다.

압력을 측정할 위치는 [그림1]과 [그림2]의 가장 윗부분인 센서에 시간에 따라 작용하는 압력을 해석하였다.

#### 2.2.1 작동유체

사용한 작동유체는 GS 칼텍스의 Rando HD46으로 설정하였고, 물성치는 아래 [표 1]과 같다.

[표 1] Fluid Material Properties

	Density[kg/m <sup>3</sup> ]	Viscosity[kg/m s]
Rando HD46	858	0.006006

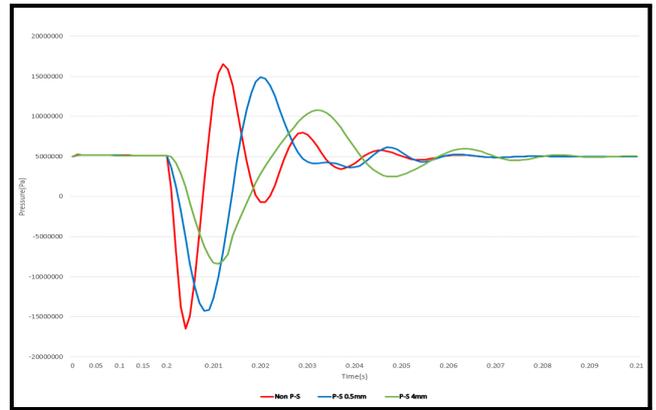
## 3. 결론

[그림 3]은 각 형상별 센서에 닿는 시간에 대한 압력 그래프를 나타낸다. 붉은 선은 [그림 1]의 Without Pulse Snubber를 나타내고, 푸른 선과 녹색 선은 각각 [그림 2]의 Without Pulse Snubber A, B를 나타낸다. 각 형상 별 최대 압력은 [표 2]와 같다.

[표 3]에서는 [그림 2]의 형상들을 Pulse Snubber가 없는 형상과 비교하며 최대 압력이 얼마만큼 떨어지는지 비교하였다. 비교결과 Pulse Snubber의 유로관을 길게 한 형상의 압력이 짧게 한 형상에 비하여 최대 압력이 24.65% 더 낮게 나오는 것을 알 수 있다.

본 논문에서는 Pulse Snubber에 닿는 압력을 고려하지 않고, 유동장만을 고려한 유동해석을 진행하였다. 그러나 급격한 고압유체는 Pulse Snubber의 변형이나 파괴를 일으킬 수도 있다. 때문에 추후 연구에서는 유체-구조 연성해석을 통해

Pulse Snubber가 받는 압력의 계산이 동반되어야 할 것이다.



[그림 3] Pressure variation

[표 2] Maximum pressure for each shape

	Max Pressure[Pa]
Without P-S	16531111
With P-S A	14886174
With P-S B	10813361

[표 3] Maximum pressure relaxation rate

	Relaxation rate
With P-S A	9.95%
With P-S B	34.6%

### 후기

본 연구는 한국산업기술평가관리원 전자부품산업기술개발 시장선도형차세대 센서사업(과제번호: 20016075)의 일환으로 수행하였음

### 참고문헌

- [1] A. Bergant, "Water hammer with column separation: A historical review", Journal of Fluids and Structures, Volume 22, Issue 2, PP.135-171, 2월, 2006년.
- [2] 윤중윤, "지속적인 과압에 의한 유체의 물리적인 충격으로부터 반도체 압력센서 보호를 위한 구조를 가진 반도체 압력센서 모듈", 10-2011-0101393, 4월, 2013년
- [3] P D Howel, "Mathematical analysis of the dynamic flow characteristic in a damping nozzle for a pressure transmitter", Journal of Physics: Conference Series, Ser.52 008, 2006년