

차압에 따른 PCV 밸브 유동 특성에 관한 연구

이종훈⁺ · 이연원⁺⁺ · 김재환⁺⁺⁺

A Study on Flow Characteristics in a PCV valve according to Various Differential Pressures

Jong-Hoon Lee⁺, Yeon-Won Lee⁺⁺ and Jae-Hwan Kim⁺⁺⁺

Abstract : As environmental problems are important, automotive industries are developing various techniques to prevent air pollution. One of these is Positive Crankcase Ventilation (PCV) system. It removes blowby gas which includes about 30% hydrocarbon of total generated quantity. In this system, a PCV valve is attached in a manifold suction tube to control the flow rate of blowby gas which generates differently according to various operating conditions of an automotive engine. As this valve is very important, designers are feeling to design it because of both small size and high velocity. For this reason, we numerically investigated to understand both spool dynamic motion and internal fluid flow characteristics. As the results, spool dynamic characteristics, i.e. displacement, velocity, acting force, increase in direct proportion to the magnitude of differential pressure and indicate periodic oscillating motions. And, the velocity at the orifice region decreases according to the increase of differential pressure because of energy loss which is caused by the sudden decrease of flow area at the orifice region and the increase of flow volume in the front of spool head. Finally, the mass flow rate at the outlet decreases with the increase of spool displacement. We expect that PCV valve designers can easily understand fluid flow inside a PCV valve with our visual information for their help.

Key words : CV valve(PCV 밸브), Blowby gas(블로우바이 가스), Euler explicit method(오일러 양해법)

1. 서론

자동차 매연으로 인해 대기오염이 심각한 상황에 놓이게 되었고, 자동차의 개발이 점점 친환경적으로 진행되고 있다. 블로우바이 가스는 자동차에서 발생하는 전체 탄화수소에서 25~35% 정도를 차지한다.^[1] 블로우바이 가스는 연소가스가 피스톤 링과 엔진 실린더 벽 사이의 틈을 통해 크랭크케이스 내부로 들어오는 것을 말한다. 블로우바이 가스의 제거방식은 개방계와 밀폐계로 구분된다. PCV 밸브는 밀폐계 시스템에서 엔진의 피드백(Feedback) 회로에 설치되어 블로우바이 가스의 유량을 제어한다.^[2] 본 연구의 목적은 PCV 밸브 내부 유동특성을 파악함과 더불어 수치 가시화를 통하여 설계자에게 도움을 주고자 수행되었다.

2. 전산 수치 모사

밸브의 구조는 Fig.1과 같이 구성되어 있다.

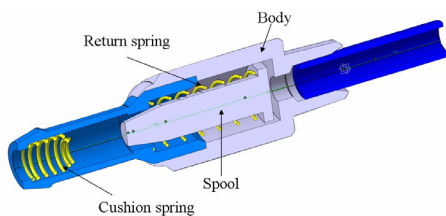


Fig. 1 Sectional view of a PCV valve

Table 1 Boundary condition

Boundary Name	Momentum	Energy
Inlet	0 mmHg (Gauge Pressure)	293 K
Outlet	-50, -100, -200 mmHg (Gauge Pressure)	Nuemann
Wall	No slip	Adiabatic

블로우바이 가스는 유로의 면적 변화를 가져오는 스톱의 거동에 의해 제어된다. Table1은 본 연구에서 적용된 경계조건을 나타낸다. 선행 연구에서 내부 유동이 마하수가 0.3을 넘으므로 압축성을 고려하기 위해 이상기체 상태방정식을 적용하였다.^[3]

스톱은 리턴 스프링의 탄성력과 유체력 사이의 힘의 평형 관계에 의해 거동이 일어난다. 이것은 뉴턴의 제2법칙을 통해 수식화 되어져 서브 루틴으로 처리하였다.

3. 결과 및 검토

3.1 스톱의 동적거동

Fig.2는 차압에 따른 스톱의 동적특성을 나타낸 것이다. 이 그림을 통해 스톱이 유체력과 스프링의 탄성력 사이의 힘의 평형 관계에서 진동하고 있음을 알 수 있다. 이들 특성들은 단순히 입출구 차압의 크기에 비례함을 나타내었다.

⁺ 이종훈(부경대학교 기계공학부), E-mail: cfd@mail11.pknu.ac.kr, Tel: 051)620-1417

⁺⁺ 이연원, 부경대학교 기계공학부

⁺⁺⁺ 김재환, (주)이원정공 기술연구소

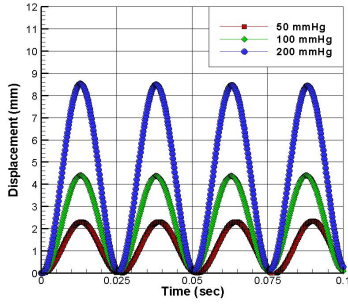


Fig. 2 The change of spool displacement according to various differential pressures

3.2 유동 특성

스풀의 동적 거동에 따른 PCV 밸브의 내부 유동의 수치 가시화는 PCV 밸브 설계자에게 시각적인 정보를 제공한다.

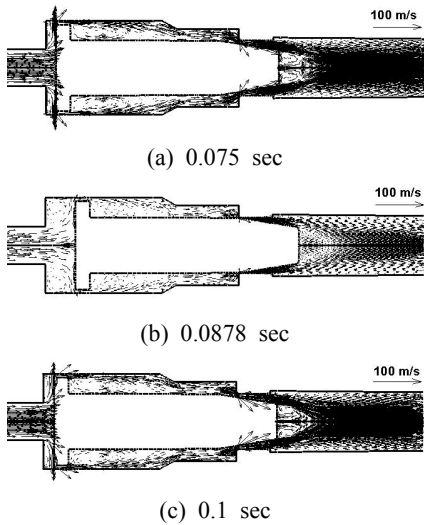


Fig. 3 Velocity distribution of differential pressure 50 mmHg

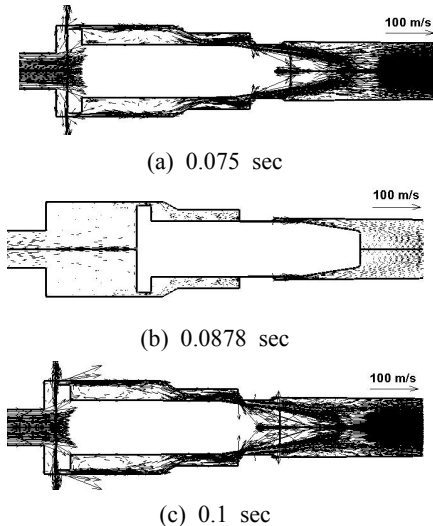


Fig. 4 Velocity distribution of differential pressure 200 mmHg

Fig.3은 차압 50 mmHg의 유동특성을 나타낸다. 시간에 따라

스풀은 유체력과 탄성력 간의 힘의 평형에 의해 진동함을 보여 준다. 0.075, 0.0878, 0.1 초 일 때, 오리피스 영역에서 최대 속도는 93.5, 122, 93.1 m/s를 나타내었다. Fig.4는 차압 200 mmHg의 유동장 변화이며, 시간에 따라 최대속도는 221, 39, 233 m/s 이다. 0.0878 초 일 때, 최대속도는 급격하게 감소한다. Fig.5는 차압에 따른 출구의 토출유량 변화를 나타내며, 유량은 스푼의 이동변위에 역비례 함을 알 수 있다.

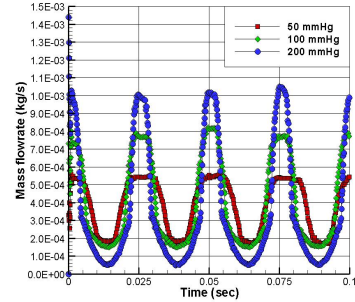


Fig. 5 Change of mass flow rate of each differential pressure at the outlet

4. 결론

우리는 스푼의 동적거동을 고려하여 PCV 밸브의 내부 유동장을 수치 모사하였다. 이 연구의 결과는 아래와 같이 요약할 수 있다.

- (1) 스푼의 동적거동 특성들은 차압에 단순 비례하여 증가하고, 또한 주기적으로 진동함을 확인 할 수 있었다.
- (2) 차압의 증가에 따라 오리피스 영역에서의 속도는 이 영역에서의 급격한 형상의 변화와 스푼의 선두 영역의 확대에 따른 에너지 손실에 의해 감소함을 알 수 있었다.
- (3) 출구에서의 토출유량은 스푼의 이동변위에 역비례 함을 알 수 있었다.

후 기

본 연구는 BK21 사업단 및 산업자원부 한국 산업기술재단 지원 “지역혁신인력양성사업” 으로 수행되었으며, 또한 자료제공에 협조해 주신 (주) 이원정공 기술연구소 관계자 분께 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Donald J. Patterson, "Emission From Combustion Engines and Their Control", Butterworth_Heinemann, 1972
- [2] H.C. Dhariwal, "Control of blowby emissions and lubricating oil consumption in I.C. engines", Energy Convers. Mgmt, Vol.38, No.10-13, pp. 1267-1274
- [3] 이중훈, 최윤환, 이연원, "PCV(Positive Crankcase Ventilation) 밸브의 유동특성에 관한 수치해석", Transactions of KASE, Vol.13, No.4, pp. 66-73, 2005