

# 이륜차 배기계에 장착되는 전자식 2 차 공기공급 장치에 대한 유동해석 Flow Analysis of Electronic secondary air injection for Motorbike Exhaust system

\*임광원<sup>1</sup>, #박재우<sup>2</sup>, 김호찬<sup>3</sup>

\*K. W. Lim<sup>1</sup>, #J. W. Park(pjw7550@dreamwiz.com)<sup>2</sup>, H. C. Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>안동대학교 대학원, <sup>2</sup>경남정보대학교, <sup>3</sup>안동대학교

Key words : Air Suction System, Flow Analysis, Reed Valve, Exhaust Manifold, Total Flow

## 1. 서론

현재 국제적으로 환경에 대한 규제가 날로 심해지고 있다. 특히 대기환경오염에 대한 관심이 커지고 있는데, 내연기관을 사용하는 자동차등이 대기환경오염의 주범으로 인식되고 있다. 세계적으로 자동차에 대한 환경규제는 나날이 강화되고 있으며, 서유럽을 중심으로 이륜차에 대한 환경규제가 시행되고 있으며, 최근 우리나라도 이륜차에 대한 환경규제가 시행되고 있다.

배기가스를 줄이는 방법으로는 전처리 방법과 후처리 방법이 있는데 전처리 방법으로는 흡기계통의 유로를 개선하고, 연료분사위치, 분사시기의 정밀한 제어를 통하여 완전연소를 유도하는 방법이 있으며, 후처리 방법으로는 촉매를 사용하여 미연의 HC, CO 를 산화시키거나, HC, CO 등의 산화에 필요한 산소를 공급하기 위하여 2 차 공기 분사 시스템을 사용하거나, NOx 발생을 줄이기 위해서는 배기가스 재순환 장치 등을 사용하는 방법이다. 하지만 소형이며 상대적으로 저가인 이륜차에는 원가상승 등의 문제로 후처리 방식이 많이 사용되고 있다.

환경규제에 있어 상대적으로 HC 에 대한 규제가 강화되고 있는데, HC 의 경우 초기 냉간시동 구간에서 대부분이 발생하며, 배출되는 HC 를 산화 시키고 촉매활성화 시간의 단축을 위해서 2 차 공기를 공급하는 것이 효과적이다. 그러나 연속적인 2 차 공기 공급은 배기가스의 온도가 전반적으로 낮아지게 되어 촉매의 활성화 시간이 길어지게 된다. 따라서 연료와 같이 분사시기를 적절히 조절하는 것이 HC 감소에 효과적이다.

전자식 공기분사장치는 2 차 공기 분사를 위하여 압력을 발생시켜 공기를 분사 할 수 있는 별도의 장치(air injection system)가 필요한데, 승용차에 비해 상대적으로 소형이며, 저가인 이륜차는 비용 및 구조적인 문제로 인하여 별도의 공기분사장치를 설치하기가 힘들다.

이륜차 배기계의 전자식 2 차 공기 공급장치는 피스톤의 상하운동에 의한 흡입압력을 통하여 공기를 빨아들이고, 배기가스 맥동에 의해 부압이 형성될 때 공기를 공급하여 배기가스 중의 미연소 성분을 재연소 시켜 유해 배출 가스를 줄이는 에어 석션 시스템(air suction system)으로, 흡기관을 통해 들어온 공기를 전자적으로 단속하는 솔레노이드와 배기가스 맥동에 의해 부압이 형성될 때 2 차 공기를 기계적으로 공급하는 리드 밸브로 나누어진다.

본 연구에서는 전자식 2 차 공기 공급장치의 사용시 배기계로 공급되는 공기의 유량을 증가시킬 수 있도록 하기 위하여 상용 프로그램인 ANSYS CFX 를 사용하였으며, 공기가 흐르는 유로부의 형상을 변경하여, 속도, 유량 등을 수치적으로 계산하여 최적 설계를 실시 하였다.

## 2. 차 공기 공급장치의 설계

### 2.1 2 차 공기 공급장치의 개요

2 차 공기공급장치는 크게 리드밸브, 솔레노이드로 나눌 수 있으며, 솔레노이드는 밸브의 단속을 통하여 2 차 공기의 분사시기를 조절한다. 솔레노이드 밸브를 통과한 공기는 리드밸브를 통과하여 각각의 실린더와 연결된 배기 매니폴드로 분사된다. 리드밸브는 2 차 공기의 흐름에 있어 배기행정 후반부에 배기가스가 모두 배출된 뒤 배기가스의 속도저하로 인한 2 차 공기 분사장치로의 배기가스 역류방지를 위하여 필요한 것으로, 별도의 추가적인 장치 없이 리드밸브의 탄성에 의하여 공기의 역류를 방지 할 수 있는 장치이다.

### 2.2 2 차 공기 공급장치의 3D 모델링

Pro Engineer 2.0 을 이용하여 2 차 공기 공급장치에 대한 모델링 및 조립도를 나타낸 것이다. 장치의 모델링을 바탕으로 공기가 통과하는 유로부를 추출하여 해석을 실시하였다. 입구부분은 관직경의 10 배에 해당하는 길이로 모델링하여 충분히 발달된 유동의 형상(fully developed)을 가지도록 하였으며, 유체가 유출되는 출구부분은 순환유동이나 back flow 가 출구경계에서 재유입 되어 수치계산에 영향을 주는 것을 방지하기 위하여 관직경의 10 배로 충분히 길게 하였다.

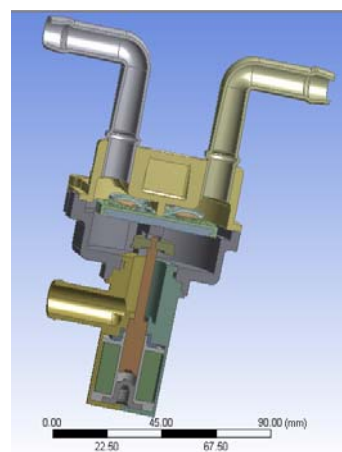


Fig. 1 Secondary Air Suction system

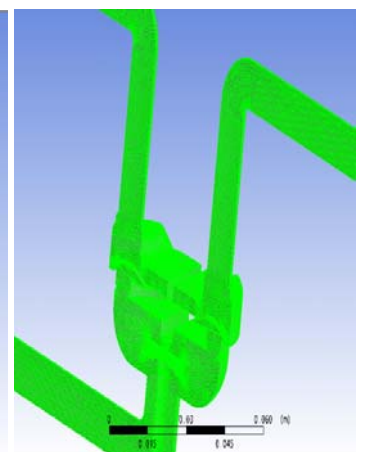


Fig. 2 computation Grid Generation

## 2.3 유동해석 경계조건

경계조건으로 장치 내부를 흐르는 입구와 출구의 압력차는 4.9kPa 로 두었으며 유체와 접하는 모든 고체의 벽면에서는 No-slip condition 을 두었다.

해석 상태는 유동이 3 차원 정상상태(steady state)이고, 일반적인 유동해석의 표준이 되는 K-ε 난류 모델을 사용하였다. 작동유체는 ANSYS CFX Material Date 로 제공되는 25℃ 공기로 비압축성(incompressible) 유동이라 가정하고 계산을 수행하였다.

### 3. 유동 해석 결과

(kg/s)	Mass Flow
in	2.5254e-3
Out(left)	1.2688e-3
Out (Right)	1.2567e-3
$Q_{(out)}=Mass\ Flow(L+R)/\rho$ $(\rho=1.185kg/m^3)$ $Q_{(out)}=127\ L/min$	

Table. 1 Total Flow

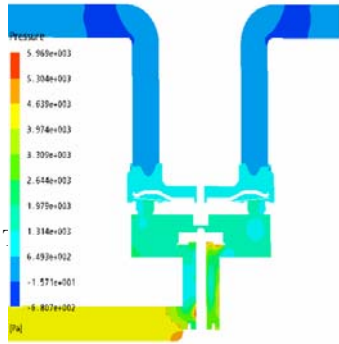


Fig. 3 Contour of Static Pressure (pa)

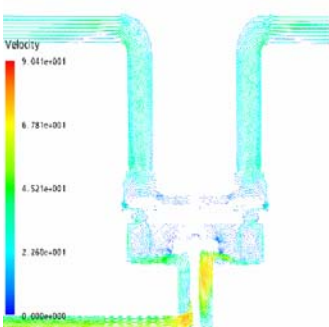


Fig. 4 Velocity Vector of Velocity Magnitude (m/s)

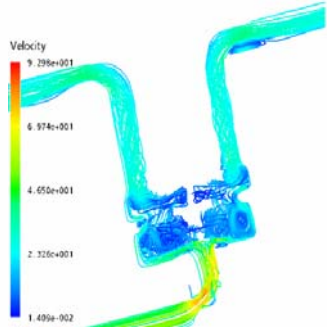


Fig. 5 Stream Line of Velocity magnitude (m/s)

(kg/s)	Mass Flow
in	3.2460e-3
Out(left)	1.6006e-3
Out (Right)	1.6454e-3
$Q_{(out)}=Mass\ Flow(L+R)/\rho$ $(\rho=1.185kg/m^3)$ $Q_{(out)}=164\ L/min$	

Table. 2 total Flow

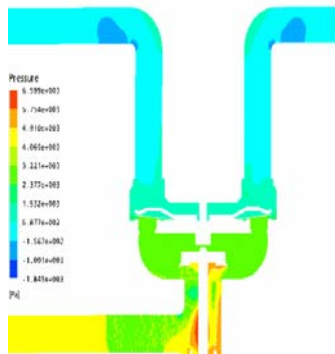


Fig. 6 Contour of Static Pressure (pa)

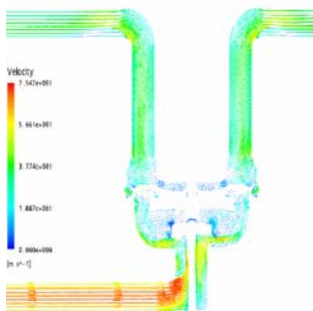


Fig. 7 Velocity Vector of Velocity Magnitude (m/s)

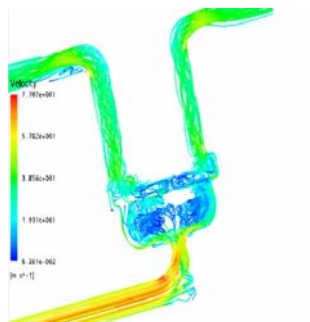


Fig. 8 Stream Line of Velocity magnitude (m/s)

Fig. 3~5 는 공기가 Reed Valve 를 통과하기 이전의 유로부분의 벽면이 각진 형태이며, Fig. 6~8 은 벽면이 둥글게 가공한 형태의 해석결과이다.

Fig. 3 은 중심의 코어를 통과한 공기의 압력이 일부분에만 집중되며 중심의 코어를 지난 이후에는 압력의 감소가 크다. 반면 Fig. 6 은 Reed Valve 이전까지 압력의 감소가 상대적으로 작다. Fig. 4 의 속도는 압력분포와 마찬가지로 코어를 통과한 공기의 속도가 급격하게 낮아지며 출구로 배출되고 있는 반면, Fig. 7 의 경우, 중심을 통과한 공기의 속도의 감소가 있지만, 각진 형상에 비하여 감소폭이 줄어들었음을 확인 할 수 있다. Fig. 5 는 속도의 Stream Line 을 나타낸 그림으로 Reed Valve 를 통과하지 못한 공기가 한데 뭉치면서 속도가 감소하고 있다. 이는 Reed Valve 의 틈이 매우 좁기 때문에 생기는 현상으로 추측되며 Fig. 8 과 같이 벽면을 둥글게 가공한 경우 벽면을 따라 자연스럽게 공기가 Reed Valve 를 통과하고 일부분만이 한데 뭉쳐있음을 알 수 있다.

Table. 1 과 Table. 2 는 출구로 배출로 배출되는 총 유량으로, 각각 127L/min, 164L/min 을 배출하며, 벽면을 둥글게 가공한 형상이 약 30%의 공기를 더 배출한다.

### 4. 결론

- 1) 중심코어 통과 이후 압력강하를 해결하기 위하여 벽면의 형상을 변경하였으며, 이를 통해 압력의 감소폭이 줄어들었음을 확인 할 수 있다.
- 2) 벽면 형상의 변경으로 분사되는 공기의 속도가 증가하였으며, 분사되는 양이 늘어난 것을 해석을 통하여 확인 하였다.
- 3) 변경된 형상으로 해석한 결과 압력의 감소폭이 작으며, 벽면을 따라 자연스럽게 공기가 흘러 Reed Valve 를 통과 하고 있다.

### 참고문헌

1. 김재철, 조규백, 최교남, 정동수, 장영준, 김영희 “소형 2Stroke 엔진에서 2 차 공기분사장치의 특성에 관한 연구”, 한국 자동차공학회 추계학술대회 논문집, pp 41~46, 2000
2. 박기수, 조영진, 박심수 “ 2 차 공기 분사 및 냉각수 제어에 의한 SI 엔진의 탄화수소 배기 저감”, 한국 자동차공학회 논문집 제 8 권, pp 51~58, 2000
3. 이승재, 함윤영, 전광민 “스파크 점화기관에서 이차공기 분사가 냉시동시 THC 배출량에 미치는 영향에 관한 실험적 연구”, 한국 자동차공학회 논문집 제 11 권 제 1 호, pp 1~6, 2003
4. 박재우, 홍철현, 김호찬, 임광원 “2 기통 엔진 배기계의 전자식 리드밸브에 대한 유동해석”, 대한 기계학회 춘계학술대회 논문집, pp 306~311, 2009
5. 공태원, 정성식, 하종률 “2 차 공기 분사 장치용 Reed Valve 의 내구성/성능 시험장치 개발”, 한국자동차 공학회 (부산, 울산, 경남지부), 춘계 학술대회 논문집, pp 30~36, 2002