

소형엔진 흡기시스템의 성능에 대한 연구

김창수*, 염경민*, 박성영**

*공주대학교 일반대학원 기계공학과

**공주대학교 기계자동차공학부

e-mail :tkekemckftm@naver.com

Study on the Intake System of a Small Engine

Chang-Su Kim*, Kyoung-Min Yeom*, Sung-Young Park**

*Mechanical Engineering, Graduate School, Kongju National University

**Div. of Automotive & Mechanical Engineering, Kongju National University

요 약

소형엔진은 매우 열악한 환경에서 작동하게 되는데, 이러한 엔진으로 흡입되는 공기를 정화하는 흡기시스템은 매우 중요한 설계인자이다. 본 연구는 이러한 소형엔진에 적용하기 위한 흡기시스템을 개발하고, 효율적인 개발 업무를 진행할 수 있도록 하는데 그 목적을 두었다. 기초 자료를 확보하기 위하여 3가지의 기본 모델을 제작하였다. 이를 바탕으로 유동 해석 및 엔진 특성 분석을 통해 기존 사양 대비, 우수한 성능을 보이는 모델을 제시하였다.

1. 서론

최근 들어 레저 및 이동의 편의성으로 인한 소형엔진의 사용이 보편화되고 있다. 소형엔진은 휴대 및 이동이 용이하도록 소형화 및 경량화가 주된 기술을 이루고 있으며, 저가의 기존기술을 사용하여 보급되고 있다. 공사 현장이나 실생활에서 널리 활용되는 소형엔진은 엔진이 운전되는 장소에서 상당히 많은 먼지와 같은 공기 중의 이물질을 포함한 공기를 필수적으로 사용하게 된다. 따라서 엔진의 구동 및 운전 조건의 측면에서는 매우 열악한 환경에서 엔진이 작동되어야 한다. 이러한 소형엔진의 주 운전 요건을 고려해 볼 때 엔진으로 유입되는 흡입공기를 정화하는 흡기시스템은 엔진의 설계에서부터 고려되어야 할 매우 중요한 설계인자이다. 엔진의 흡기시스템은 연료의 연소를 위하여 엔진의 연소실에 공기를 공급하는 장치이다. 특히 소형엔진의 흡기시스템은 그 구조적인 단순화로 인하여 흡기필터를 포함한 흡기구 부위가 엔진 흡기계의 대표적인 역할을 담당하고 있다. 소형엔진의 흡기 시스템은 공기의 흡입량에 직접적으로 관계되며, 흡입되는 공기는 연료의 분무성능에

영향을 미치게 된다.

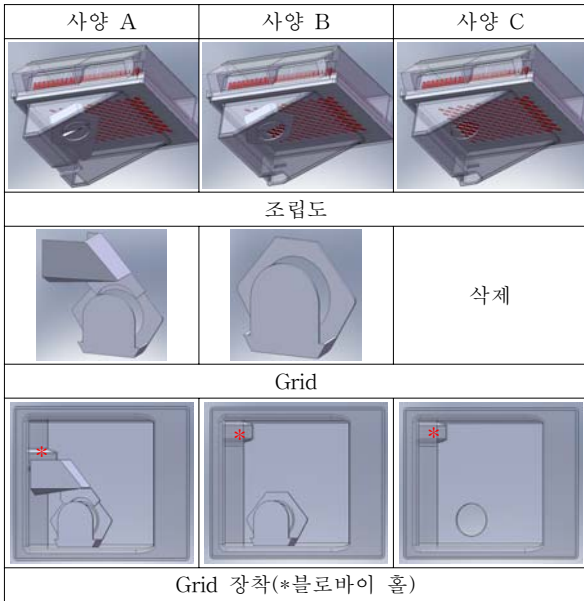
특히 분무와 관련하여 공기와 연료의 혼합은 엔진의 연비와 성능에 주요 인자로 작용하게 된다. 따라서 엔진의 개발 시에 흡기시스템은 엔진의 성능과 연비에 영향을 미치는 매우 중요한 개발 요소가 된다. 하지만 국내 업체의 경우 자체 설계 및 개발 능력이 부족하고, 시험 및 실험을 할 수 있는 설비 및 장비가 부족한 실정이다. 이에 따라 본 연구는 소형엔진의 흡기시스템에 적용하기 위한 흡기시스템을 개발하고, 이러한 일련의 개발과정을 학습하여 제품의 개발 process를 정립하고 효율적인 개발업무를 진행할 수 있도록 기업을 지원하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 본론

2.1 해석 모델

본 연구의 유동 성능 부분의 해석을 위하여 유동해석과 연동되는 상용 3-D 모델링 툴인 SolidWorks를 사용하였다. 3가지의 기본 모델링을 수행하였으며, 필터로는 종이재질의 필터가 사용되었다. 구조적

인 변경으로는 엔진으로 공기가 유입되는 그리드 부위와 블로바이를 위한 홀의 위치 및 구조가 변경되었다.



[그림 1] 사양별 3-D 및 설계 변경 부위

사양 A는 블로바이 홀로부터의 엔진오일 미스트의 분리를 위하여 그림 1의 사양 A와 같은 그리드를 설치하였다. 이러한 복잡한 모양의 그리드는 그 복잡한 사양으로 인하여 제작원가가 상승하고 장착시 어려움이 있다. 따라서 사양 B에서는 그림 1의 B와 같이 그리드의 구조를 단순화하여 제작원가의 절감을 도모하였다. 하지만 그리드를 단순하게 설계하게 되면 블로바이 홀과의 유동거리가 가까워지는 단점이 있으므로, 블로바이 홀을 엔진 연소실 흡입구와 가장 먼 쪽에 배치하였다. 또한 블로바이 홀의 상면에 디플렉터를 설치하여 오일미스트의 분리를 도모하였다. 사양 C는 그리드를 삭제한 모델로서 블로바이 홀의 디플렉터가 오일미스트의 분리기능을 수행할 것을 예상하여 그리드를 삭제하였다.

2.2. 지배방정식 및 경계조건

흡기 부품 내부의 유동은 정상 상태의 난류 유동으로 가정하였으며, 본 연구에서 사용된 상용 소프트웨어에서 적용된 연속방정식, 운동량방정식 및 에너지 방정식의 표현은 식(1)~(3)와 같다. 또한 난류운동에너지방정식과 난류운동에너지 소산방정식은 식(4) 및 (5)로 표현된다. 난류 모델로서 표준 k-ε 모델을 사용하였다.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) + \frac{\partial P}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j}(\tau_{ij} + \tau_{ij}^R) + S_i \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho H}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i H}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}[\mu_j(\tau_{ij} + \tau_{ij}^R) + q_i] + \frac{\partial p}{\partial t} - \tau_{ij}^R \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \rho \epsilon + S_i u_i + Q_H \quad (3)$$

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i k) = \frac{\partial}{\partial x_i}((\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}) \frac{\partial k}{\partial x_i}) + S_k \quad (4)$$

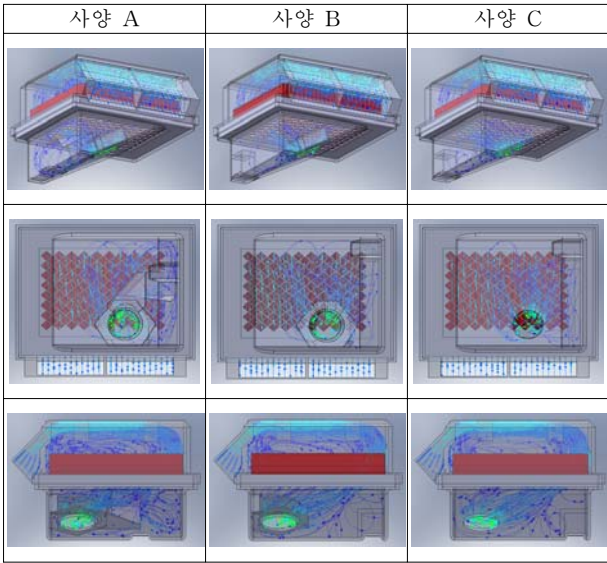
$$\frac{\partial \rho \epsilon}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i \epsilon) = \frac{\partial}{\partial x_i}((\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon}) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i}) + S_\epsilon \quad (5)$$

입구 경계조건으로는 300cc급 엔진의 2000rpm을 기준으로 유량을 계산하고 그에 상응하는 공기의 속도를 입구 경계조건으로 설정하였다.[1] 수렴 조건은 FloWorks[2]에서 제공되는 자동 목표치 수렴방식을 사용하였고, 이는 일정 수렴기간동안 목표치의 최대값과 최소값의 차로써 정의되는 분산값을 계산하여 수렴의 여부를 결정하는 방식이다. 본 연구에서는 출구의 질량 유동율, 정압력, 온도를 목표치로 설정하여 수렴 조건을 제어하였다.

3. 해석 결과 및 고찰

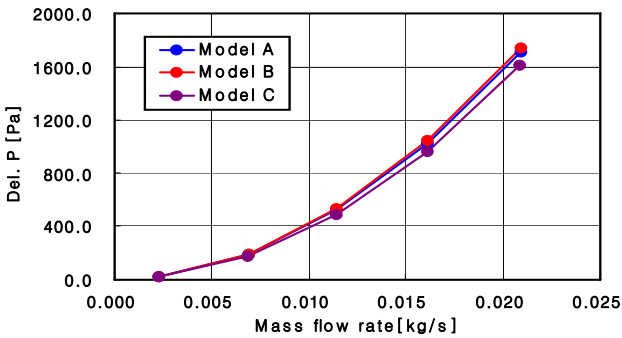
흡기 부품의 3-D 모델링을 완료하고, 이의 통기성에 관한 해석을 수행하였다. 유동해석은 상용 소프트웨어인 SolidWorks사의 FloWorks를 사용하였다. 흡기계는 양산 업체에서 요구하는 필터링 성능[3]을 만족하면서 최소한의 압력강하가 이루어져야 한다. 이는 엔진으로 유입되는 공기량의 극대화를 위한 것으로 공기량이 증대되면 엔진의 출력과 토크가 상승하는 효과를 가지고 있다.

그림 2는 유동해석 결과를 나타낸 것으로 공기의 유동 흐름을 확인할 수 있다. 사양A의 경우 가장 복잡한 그리드 형상을 가진 모델로서 그리드에 의해 필터 쪽으로의 유동흐름이 원활하지 못한 것을 확인할 수 있다. 사양 B의 경우 그리드에 의해 유동 흐름이 한쪽으로 치우치는 것을 확인할 수 있으며, 마지막으로 그리드를 삭제한 사양 C의 경우 유동 흐름의 방해가 없이 원활하게 흐르는 것을 확인할 수 있다.



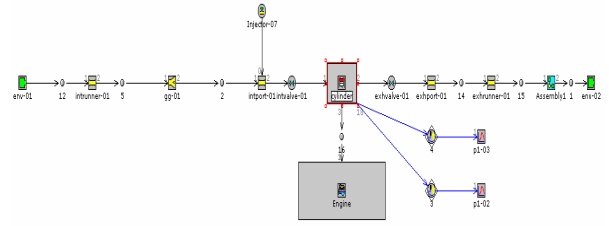
[그림 2] 사양별 3-D 유동해석 결과

그림 3은 흡입되는 공기량에 따른 압력 강하량의 계산 결과를 도시화한 것이다. 모델링 시에 예상된 결과대로 사양 C가 가장 최적의 압력 강하량을 나타내고 있다. 사양 B의 경우에는 사양 A대비 가공비 및 재료비는 절감될 수 있으나, 사양 A와 동등한 흡기성능을 나타내었다.



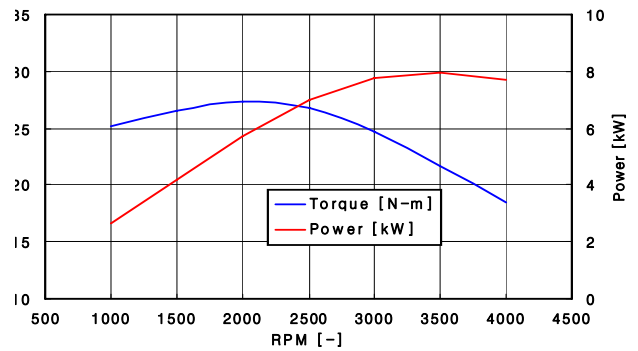
[그림 3] 유량에 따른 압력강하 해석 결과

본 연구에서 개발한 흡기시스템을 장착하였을 때의 엔진성능을 예측하기 위하여 상용소프트웨어인 Gamma Technology 사의 GT-Power[4]를 사용하여 엔진의 모델링과 해석을 수행하였다. 그림 4는 성능해석을 위한 모델링을 도시화한 그림이다.



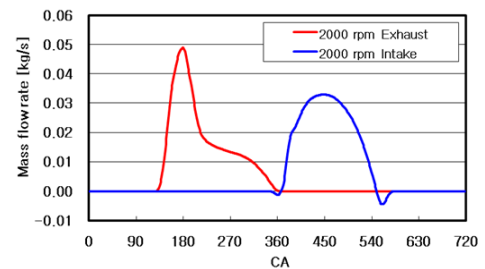
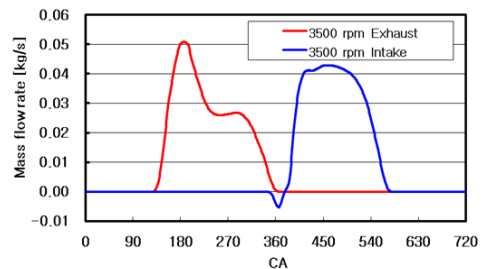
[그림 4] 엔진 성능해석을 위한 모델링

해석 결과는 일반적인 단기통 소형엔진의 특성을 잘 묘사하고 있으며, 그림 5는 엔진의 토크와 출력 결과를 보이고 있다.



[그림 5] 엔진 성능해석 결과

그림 6은 3500rpm 및 2000rpm의 두 가지 운전 조건에 대하여 흡·배기 유동 유량 특성을 보이고 있으며, 흡기밸브 닫힘 직전의 신기 토출량이 미소하여 양호한 체적 효율을 기대할 수 있다.



[그림 6] 엔진 성능해석을 통한 흡배기 유동 유량

이상과 같은 해석결과를 바탕으로 그림 7에서 보이는 바와 같이 제작비와 성능면에서 가장 유리한 사양 C를 시제품으로 제작하였다.

[4] Gamma Technology, "GT-Power User's Manual Version 6.2", 2006.



[그림 7] 시제품 사진

4. 결론

본 연구의 모델링과 해석을 통하여 사양 A와 사양 B가 동등한 흡기성능을 나타내고, 사양 A와 B 대비, 사양 C의 압력 강하량이 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다. 이를 바탕으로 가장 유리한 성능이 예상되는 사양 C의 시제품을 제작하였다.

본 모델은 현재 내구성능 시험용으로 시제품이 제작되었고 일본의 완성엔진 업체에서 성능 및 내구성 시험을 진행 중에 있다.

참고문헌

- [1] Mitsubishi Heavy Industries. Ltd., "Mitsubishi MEIKI Engine type GM Series Workshop Manual", 2002.
- [2] NIKA GmbH, "COSMOS-FloWorks User's Manual", 2007.
- [3] 기술표준원 국가표준종합정보센터, "KSR1041-1991"