

자동차 연소실 효율 향상을 위한 와류장치 연구

최해규¹, 국정한², 유중학³, 김세환⁴, 김기선⁴, 조재웅^{4*}

¹공주대학교 대학원 기계공학과, ²한국기술교육대학교 기계정보공학부, ³한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부,
⁴공주대학교 기계자동차공학부

Study on Vortex Apparatus for Efficiency Improvement of Combustion Chamber of Automobile

Hae-Kyu Choi¹, Jeong-Han Kook², Joong-Hak Yoo³, Sei-Hwan Kim⁴,
Key-Sun Kim⁴ and Jae-Ung Cho^{4*}

¹Division of Mechanical Engineering, Graduate School, Kongju University

²School of Mechanical Engineering, Korea University of Technology and Education

³School of Mechatronics Engineering, Korea University of Technology and Education

⁴Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University

요약 자동차의 연비개선을 위한 대책으로 연소 효율 증대를 위해서 흡입라인에 연소실의 와류를 형성시켜주는 장치를 모델링하였다. 와류발생장치가 장착되지 않은 것과 와류발생장치의 형태가 다른 모델들을 각각 장착하여 유동해석을 실시한다. 와류발생장치는 공기의 연소실 흡입 전에 설치되어 와류발생장치의 날개에 의해 흡입공기를 휘감으며 와류를 발생시키게 된다. 본 연구에서는 와류발생장치를 사용함으로써 흡입 공기의 유동과 흡입행정의 압력분포를 해석하여 와류발생장치의 효과를 조사할 수 있다.

Abstract As the step to improve fuel efficiency, there is the system to build up the eddy of combustion chamber at the suction line in order to increase the combustion efficiency. The models installed with no vortex generation system or with various shapes of the system are examined by fluid analysis. Vortex generation system is installed prior to the suction of combustion chamber. The wing of this system winds itself around the suction air and generates the vortex. This study investigates the flow of suction air and the pressure distribution of suction stroke by using the eddy generation system.

Key Words : Vortex, Combustion chamber, Flow analysis, Fuel efficiency, Fluid analysis

1. 서론

상대적으로 저렴한 연료비로 인해 자동차 연비 감소에 다소 미온적 관심을 보이던 미국에서도 최근 원유가의 급등으로 인해 연비개선에 대한 대중적 지지기반과 자동차 시장의 소비자 선호도가 변화하고 있으며, 친환경 자동차의 바람을 불러일으키고 있다. 그에 비해서 우리나라는 에너지의 대부분을 수입에 의존하고 있으며, 전체 에너지 중 석유가 차지하는 비중은 과반을 훨씬 넘는 상황이다. 다른 여타 선진국의 석유 의존도가 절반을 밑돈다는 것을 감안해 볼 때 우리나라의 석유 의존도는 지나치

게 높다는 것을 알 수 있다[1-2].

또한 자동차에 도시대기오염은 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 가장 시급히 해결해야 할 빼놓을 수 없는 과제이다. 환경오염의 주 원인중 하나로 자동차의 배기가스가 문제가 되고 이에 따른 배기가스규제가 해마다 심화되고 있다. 허나 자동차 교통량이 많은 대도시 등에서는 대기오염이 심한 장소가 여전히 많이 존재하고 있다. 지구 온난화에 대한 자동차의 기여를 보면, 일본의 경우 CO₂ 배출량의 약 18%가 자동차로부터 배출되고 있고, 매년 증가의 경향을 보이고 있다[3-5].

따라서 지구 온난화 방지와 연료비의 절약을 위해서

*교신저자 : 조재웅(jucho@kongju.ac.kr)

접수일 11년 05월 19일

수정일 11년 07월 04일

게재확정일 11년 07월 07일

자동차의 연비 향상은 중요한 과제라고 할 수 있다. 자동차엔진의 연비개선을 위한 방법에는 엔진을 소형화하거나, 터보차저의 사용, 동력전달효율 향상(토크 컨버터 슬립억제), 마찰손실 저감, 가솔린 직접 분사 등의 수많은 연구가 진행되어 현재 사용하고 있으며, 앞으로도 이와 같은 연구는 계속 되어 더욱 뛰어난 연료비의 절감대책이 이루어질 것이다. 연료비 절감대책 중에서도 빼놓을 수 없는 것이 바로 연소효율의 증대이다[6].

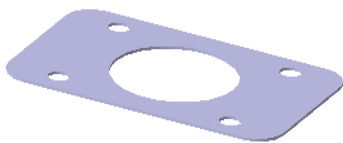
본 연구에서는 연소 효율의 증대를 위해서 흡기의 효율을 높여 주는 장치에 대하여 다루고자 한다. 이 장치는 자동차의 흡입 행정 시 흡입공기를 날개에 의해 와류를 더 형성되도록 하는 장치이다. 또한 연소실의 와류는 화염의 전파속도를 높이는데 유용하여, 엔진의 출력 향상 및 연소 효율을 높여줄 수 있다. 본 연구에서는 와류발생장치가 장착되었을 때 와류발생장치 앞쪽에서부터 실린더 안쪽까지의 공기유동을 해석하여, 와류발생장치가 장착되지 않았을 때의 유동해석 결과와 비교를 하였다. 와류발생장치 및 3D모델은 CATIA CFX프로그램을 사용하였으며 ANSYS사의 전산유체역학(CFD)을 이용하여 해석을 진행하였다[7-8].

2. 본론

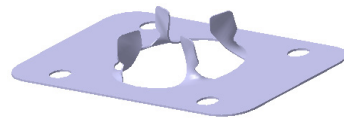
2.1 Model 생성

본 연구에서는 와류장치를 3개의 형상으로 model을 생성하였다. 그림 1은 CATIA 프로그램을 이용하여 와류발생장치를 3D Model로 만든 그림이다. 그림 2부터 그림 4까지는 가스켓 형상을 덧붙여서 와류발생장치가 제작된 그림이다. 와류발생장치는 3가지의 형상으로 구분되어 있으며, 그림 1은 와류발생장치를 적용하지 않았을 때의 형상을 표현한 것으로 와류발생장치가 없는 연소실의 유동해석을 시행하기 위함이다.

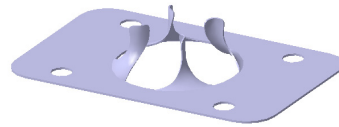
그림 2에서는 날개의 회전방향이 시계반대방향으로 제작이 되어 있으며, 그림 3부터 4는 날개의 회전방향이 시계방향으로 제작되었다. 또한 그림 4는 날개의 형태가 좁고 길쭉한 형태로 제작되었다.



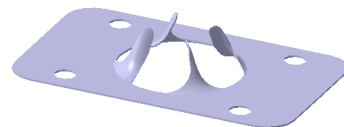
[그림 1] 와류발생장치의 3D 모델 1의 형상 1
[Fig. 1] Geometry 1 of 3D model of vortex generator



[그림 2] 와류발생장치의 3D 모델 1의 형상 2
[Fig. 2] Geometry 2 of 3D model of vortex generator



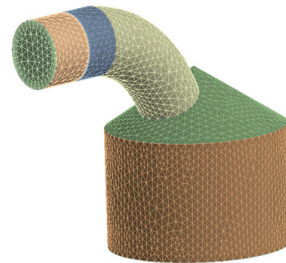
[그림 3] 와류발생장치의 3D 모델 1의 형상 3
[Fig. 3] Geometry 3 of 3D model of vortex generator



[그림 4] 와류발생장치의 3D 모델 1의 형상 4
[Fig. 4] Geometry 4 of 3D model of vortex generator

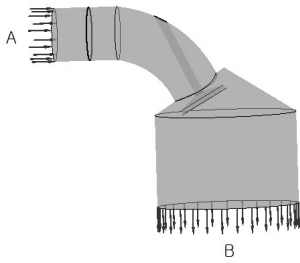
2.2 경계조건

그림 5는 흡입매니폴드와 실린더 내부의 유동장을 유한요소로 분할한 것이다. 그림은 Model 1에 대한 것으로서 그림 1의 장치가 장착이 된 상태이다.



[그림 5] 유한요소모델
[Fig. 5] Finite element model

유한요소 모델은 4면체의 요소로 이루어져 있으며, 총 40992개의 삼각형들로 이루어져 있다. 그리고 본 연구에서는 유체의 흐름상 와류장치의 효과에 대한 해석을 시행하는 것이기 때문에 기체가 와류장치와 밸브를 통과하여 실린더로 이동되는 루트만을 해석하도록 한다. 그림 6과 같이 공기는 흡입매니폴드 쪽에서 유입이 되며, 피스톤이 있는 방향으로 배출이 되도록 설정한다.

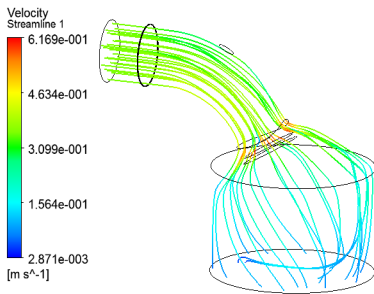


[그림 6] 경계조건
[Fig. 6] Boundary condition

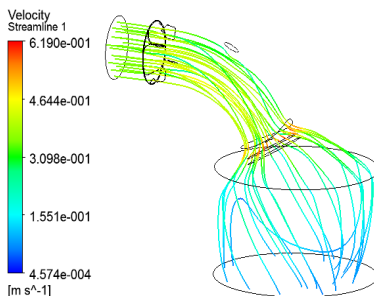
흡입공기의 유량은 통상 300mg/s~500mg/s의 범위인데, 본 연구에서는 그림 6에서 A와 B의 유동량을 400mg/s로 설정한다.

2.3 결과 분석

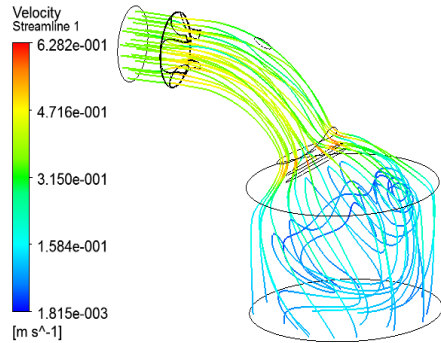
그림 7부터 그림 9는 와류장치를 장착하지 않은 것에서부터 장착된 와류장치의 형태별로 유동해석을 한 그림이다. 해석 결과, 와류장치에 의하여 흡입공기의 유동에 변형이 생기는 모습을 확인 할 수 있다. 또한 Model 3과 Model 5는 Model 1에 비하여 유동의 흐름에서 와류가 더 형성이 되는 모습을 관찰할 수 있다.



[그림 7] 모델 1의 유동해석
[Fig. 7] Flow analysis of model 1

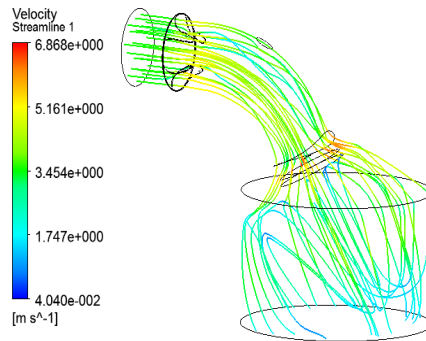


[그림 8] 모델 2의 유동해석
[Fig. 8] Flow analysis of model 2

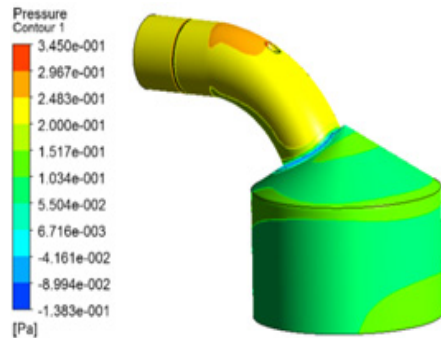


[그림 9] 모델 3의 유동해석
[Fig. 9] Flow analysis of model 3

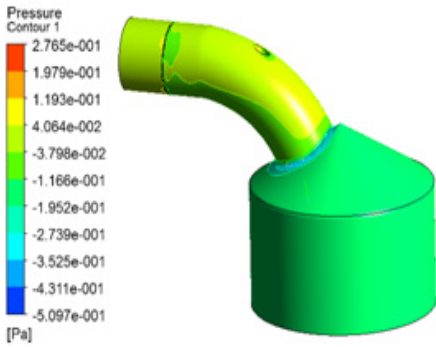
그림 10에서 그림 14는 흡기매니폴드부분과 연소실 부분의 공기 유동장의 외벽에 가해지는 압력을 등고선 모양으로 나타난 것이다.



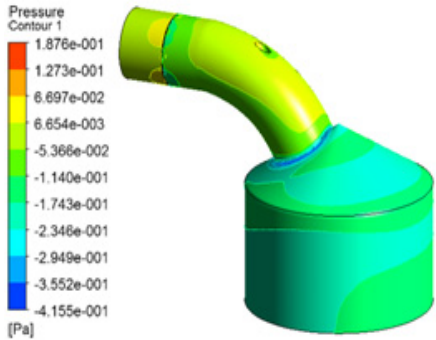
[그림 10] 모델 4의 유동해석
[Fig. 10] Flow analysis of model 4



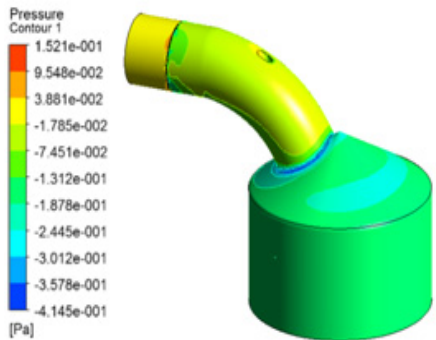
[그림 11] 모델 1의 압력분포
[Fig. 11] Pressure distribution of model 1



[그림 12] 모델 2의 압력분포
[Fig. 12] Pressure distribution of model 2



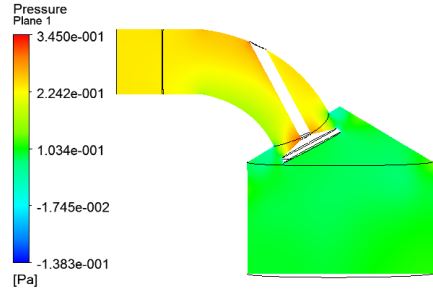
[그림 13] 모델 3의 압력분포
[Fig. 13] Pressure distribution of model 3



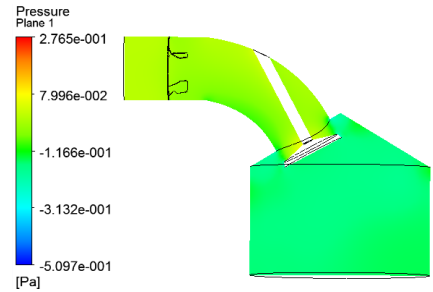
[그림 14] 모델 4의 압력분포
[Fig. 14] Pressure distribution of model 4

해석 결과, 와류발생장치가 장착되지 않는 경우인 그림 11에서 보면 공기 유입구 부분에 높은 압력이 형성된 것을 확인 할 수 있다.

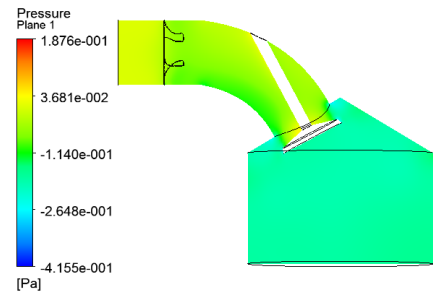
그림 15에서 그림 18은 단면을 기준으로 하여 그 면에 나타난 압력의 분포를 나타낸 해석 결과이다.



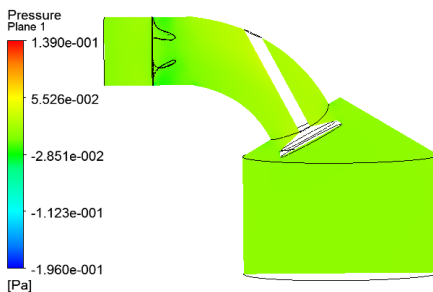
[그림 15] 모델 1의 단면에서의 압력분포
[Fig. 15] Pressure distribution at section of model 1



[그림 16] 모델 2의 평면 단면에서의 압력분포
[Fig. 16] Pressure distribution at section of model 2



[그림 17] 모델 3의 평면 단면에서의 압력분포
[Fig. 17] Pressure distribution at section of model 3



[그림 18] 모델 4의 평면 단면에서의 압력분포
[Fig. 18] Pressure distribution at section of model 4

해석 결과를 보면 와류장치가 장착되지 않은 모델에 비하여 와류장치가 장착되어 있는 모델에서 압력이 고루 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다. 표 1은 위의 세 가지 해석 결과에서 최대값을 나타낸 것이다.

[표 1] 모델 별 해석 결과의 비교

[Table 1] Comparison with the results of analysis according to model

| | Maximum Velocity streamline (m/s) | Maximum Pressure on Contour (Pa) | Maximum Pressure on Plane (Pa) |
|---------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Model 1 | 61.69 | 3.450×10^{-1} | 3.450×10^{-1} |
| Model 2 | 61.90 | 2.765×10^{-1} | 2.765×10^{-1} |
| Model 3 | 62.82 | 1.876×10^{-1} | 1.676×10^{-1} |
| Model 4 | 62.99 | 1.521×10^{-1} | 1.390×10^{-1} |

표에서 볼 수 있는 바와 같이 와류발생장치를 장착하지 않은 경우(Model 1)의 결과 값에 비하여 다른 Model 들에서 더 좋은 수치를 나타낸 것을 확인할 수 있었고, Model 4에서 가장 좋은 결과를 나타낸 것을 알 수 있었다.

3. 결론

연소 효율을 증대하기 위하여 흡입계통에 와류발생장치가 장착되어진 흡입행정에 대하여 ANSYS을 이용한 연소실로 흡입되는 공기의 유동해석의 결과는 다음과 같다.

1. 와류장치를 장착하지 않은 Model에 비하여 와류장치가 장착된 Model에서 와류가 더 형성되고 유속이 더 빠르게 나타났다.
2. 와류장치를 장착하지 않은 Model에 비하여 와류장치가 장착된 Model에서 압력이 골고루 분포되어 있는 것과 최대 압력의 값이 낮게 나타난 것을 확인하였다.
3. 와류발생장치의 형상을 통하여 연소 효율의 증대를 위해서 흡기의 효율을 높여 중 수 있다고 사료된다.

References

[1] Lee, B. C., and Jung, D.H., "Engine Downsizing and Fuel Economy Improvement by Using Turbochargers",

Journal of the Korea Society for Automotive Engineers, Vol. 32, No. 1, pp. 68-75, February, 2010.

- [2] Kwon, S. H., Park, T. J., and Chung, C. S., "Optimal Regeneration Algorithm for Electric Vehicle", Journal of Korea Institute of Electrical Engineers Conference paper B, pp. 1105-1106. July, 2006.
- [3] Baik, D. S., "A Study on Combustion Flow Characteristics in a Heavy-Duty Diesel Engine Equipped with EGR", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 7, No. 5, pp. 984-990, October, 2006.
- [4] Park, Y. S., and Park, S. Y., "Study on the Performance of 1.4ℓ Gasoline Engine Intake-Manifold", Proceedings of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Spring Conference, pp. 1163-1165, May, 2010.
- [5] Lee, D. Y., "Using Clean Energy Development Trend of High-Efficiency Cars", Journal of the Korea Society for Automotive Engineers, Vol. 21, No. 2, pp. 34-36, April, 1999.
- [6] Ohm, I. Y., and Park, C. J., "Effect of Inlet Valve Angle on in-Cylinder Swirl Generation Characteristics (Ⅱ)", Journal of the Korea Society for Automotive Engineers, Vol. 16, No. 6, pp. 148-156, November, 2008.
- [7] Kim, M. C., Lee, J. J., Lee, G. W., Kim J. W., and Shon, B. H., "A Numerical Calculation for Optimun Operation of Cyclone-Based Combustion System", Journal of the Korea Academia- Industrial Cooperation Society, Vol. 12, No. 2, pp. 1005-1012, February, 2008.
- [8] Swanson, J., 2009, ANSYS CFX 12.0, ANSYS Inc., U.S.A.

최 해 규(Hea-Kyu Choi)

[준회원]



- 2011년 2월 : 공주대학교 자동차 공학과 (공학사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계공학과 (공학석사)

<관심분야>

기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가, 피로 또는 충돌 시 동적 해석

국 정 한(Jeong-Han Kook)

[정회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1988년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1992년 1월 ~ 현재 : 한국기술대학교 기계공학부 교수

<관심분야>

용접공학, 파괴역학, 재료강도 등

김 기 선(Key-Sun Kim)

[종신회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1983년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1994년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1989년 7월 : 기계제작 기술사
- 1994년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

<관심분야>

자동차 내장 및 시트 부품, 자동차 내외장 부품 제조공정

유 중 학(Joong-Hak Yoo)

[정회원]



- 1983년 2월 : 인하대학교 자동차공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 단국대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1995년 8월 : 단국대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1991년 1월 ~ 현재 : 한국기술대학교 메카트로닉스공학부 교수

<관심분야>

사출성형, 금형설계 및 제작, 기계/자동차 부품 설계 및 내구성 평가

조 재 응(Jae-Ung Cho)

[종신회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1986년 8월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

<관심분야>

기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가, 피로 또는 충돌 시 동적 해석

김 세 환(Sei-Hwan Kim)

[종신회원]



- 1971년 2월 : 수도공과대학 기계공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학박사)
- 1997년 2월 : (주) 삼아 공장장
- 1982년 3월 : 천안공업대학 금형설계과 교수

- 2010년 2월 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수

<관심분야>

프레스 금형, 단조가공, 금형열처리