

# 흡기 매니폴드 가스켓 블레이드 적용에 따른 배출가스 고찰

이민정<sup>1</sup>, 김태중<sup>2</sup>, 신윤찬<sup>1</sup>, 조흥현<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 기계공학과 대학원, <sup>2</sup>한국폴리텍대학 달성캠퍼스 자동차과, <sup>3</sup>조선대학교 기계공학과

## Investigation of Emission Gas by using the Intake Manifold Gasket Blade

Minjung Lee<sup>1</sup>, Taejung Kim<sup>2</sup>, Yunchan Shin<sup>1</sup>, Honghyun Cho<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate school of Mechanical engineering, Chosun University

<sup>2</sup>Department of Automobile, Dalseong Campus of Korea Polytechnics

<sup>3</sup>Department of Mechanical engineering, Chosun University

**요약** 자동차의 엔진에서 불완전 연소는 유해 배기가스 생성의 주요 원인이다. 따라서 본 연구에서는 자동차 엔진에서 불완전 연소를 방지하고 배출되는 배기가스의 양을 줄이기 위하여 흡기 매니폴드에 가스켓 블레이드를 적용하여 유입되는 공기의 유속 증가에 따른 배기가스의 변화를 해석과 실험을 통하여 고찰하였다. 먼저 3D 유동 해석 프로그램을 사용하여 가스켓 블레이드의 개수와 각도에 따른 유동 해석을 수행하였으며, 해석 결과 가스켓 블레이드를 적용한 흡기 매니폴드 출구에서 공기의 평균 유속은 블레이드 개수가 6개와 30°각도에서 가장 좋게 나타났다. 해석 결과를 기반으로 무부하 엔진 시뮬레이션 시스템에서 가스켓 블레이드가 배기가스에 미치는 영향을 확인하기 위하여 실험을 진행하였으며 엔진 회전수가 2000 rpm에서 4000 rpm으로 증가함에 따라 배기가스인 HC, CO, NOx는 평균적으로 각각 23.4%, 16.5%, 3.8% 감소하였으며 배기가스의 배출량 감소 효과는 점점 줄어드는 것으로 나타났다.

**Abstract** Incomplete combustion in automotive engines is a major cause of harmful exhaust gases. In this study, to prevent incomplete combustion and reduce exhaust gas emissions, a gasket blade for increasing the air velocity was applied to the intake manifold, and the change in exhaust gas was investigated theoretically and experimentally. First, simulation analysis for flow according to the number and angle of the gasket blade was performed using a 3D flow analysis program. As an analysis result, the internal average velocity of the gasket blade was optimum at 6-blade with an angle of 30°. Based on the simulation results, experiments were conducted to verify the effects of the gasket blades on the exhaust gas in a non-load engine simulation system. As the engine speed was increased from 2000 to 4000 rpm, exhaust gases of HC, CO, and NOx decreased by 23.4%, 16.5%, and 3.8%, respectively, and the emission decreasing effect was reduced.

**Keywords** : Emission gas, Gasket blade, Intake manifold, Maximum velocity, Turbulent kinetic energy

### 1. 서론

전세계적으로 환경오염 문제에 대한 관심이 집중되면서 대기오염의 원인이 되는 자동차 배기가스에 대한 구

제가 점차 강화되는 추세이다. 대표적인 자동차 배기가스에는 HC, CO, CO<sub>2</sub>, NOx 등이 있다. HC는 불완전 연소로 생기는 미연소물질이며, 발암물질이고 매우 자극적이고 냄새가 심하다. CO는 주로 연소시 공기가 부족하

본 결과물은 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 에너지인력양성사업(No. 20174030201620)과 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업의 연구결과입니다.

\*Corresponding Author : Honghyun Cho(Chosun Univ.)

Tel: +82-62-230-7769 email: hhcho@chosun.ac.kr

Received September 10, 2018

Revised (1st October 16, 2018, 2nd November 5, 2018)

Accepted December 7, 2018

Published December 31, 2018

Table 1. Emission gas regulations of European passenger car

Regulation contents		European standard(g/km)					
		EURO I	EURO II	EURO III	EURO IV	EURO V	EURO VI
Gasoline	HC+N Ox	0.97	0.6	-	-	-	-
	HC	-	-	0.2	0.1	0.1	0.1
	NOx	-	-	0.15	0.08	0.06	0.06
	CO	2.72	2.2	2.3	1.0	1.0	1.0
Diesel	HC+N Ox	0.97	0.7	0.56	0.3	0.23	0.17
	NOx	-	-	0.5	0.25	0.18	0.08
	CO	2.72	1.0	0.64	0.5	0.5	0.5
	PM	0.14	0.08	0.05	0.025	0.005	0.005
Application time		'92.7.	'96.1.	'00.1.	'05.1.	'09.1.	'14.9.

므로 연료가 불완전 연소하여 생성되며, 무색무취의 유독한 기체이다. NOx는 완전 연소에 가까울수록 증가하며 연소실에서 고온, 고압에서 공기와의 산화로 생기며, 독성이 있으며 지구온난화를 유발시킨다[1-3].

이러한 문제로 인하여 EU에서는 이전에 시행된 자동차 배출가스 규제(EURO 1-5)보다 더욱 강화된 EURO 6를 ‘14년부터 시행하였으며[4,5], Table 1은 유럽의 승용차 배기가스 규제를 나타낸다[6]. 국내에서도 EURO 6의 기준을 충족시키기 위해 주요 유해 배출가스인 NOx, CO, HC, PM 물질을 저감하려 노력하고 있으며 이에 다양한 기술에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

배기가스 중 HC, CO 및 PM(Particulate Material)은 연소와 후처리 기술 등으로 저감이 상대적으로 용이하지만, 질소산화물(NOx)은 고온에서의 연소 시 더욱 증가하기 때문에 저감시키는데 많은 어려움을 겪고 있다. 질소산화물을 저감시키기 위하여 연소온도를 낮추면 엔진에서 연소와 연비 성능을 저하시키게 된다[7]. 또한, 공기량의 부족시 연료의 불완전 연소로 연료의 손실, 액체 및 고체연료는 그을음이 발생되어 내부의 Scale 등을 생성시키며 환경오염의 문제와 엔진의 성능저하가 발생하게 된다. 이러한 유해 배출가스인 HC, CO, NOx를 저감시키기 위한 연구 동향을 살펴보면, 먼저 엔진 다운사이징이 있다. 이는 기존의 대배기량의 구형 엔진을 최신 기술을 활용하여 고성능의 소배기량 엔진으로 바꿔 효율성을 높이는 방법으로, 일반적으로는 자연흡기 가솔린 엔진을 소배기량의 슈퍼차저, 터보차저, 또는 트윈차저 등

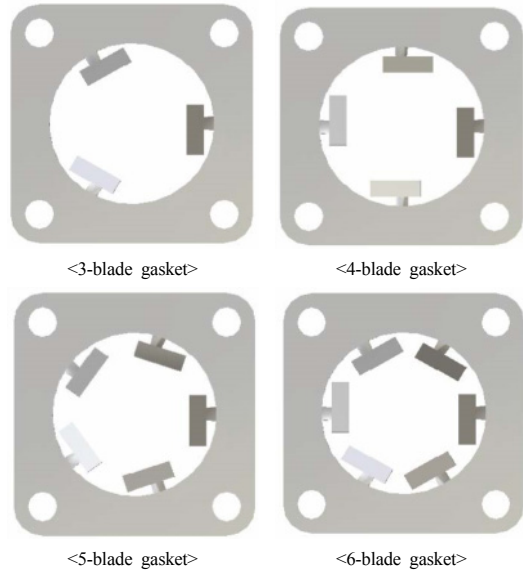


Fig. 1. Intake manifold according to the number of various gasket blades

의 과급기를 이용한 저배기량 엔진으로 대체하는 방법을 의미한다. 다음은 EGR(Exhaust Gas Recirculation)이 있으며, 이는 연소 이후 흡기 행정에서 연소실 재유입을 통해 이산화탄소 등의 불활성 가스가 흡입되는 공기와 혼합되어 연소되는 특징을 갖는다. 연료와 공기의 혼합가스의 양을 줄이고, 연소시의 연소 온도를 낮춤으로써 질소산화물 생성을 억제시키는 장점이 있다.

이와 관련된 기존의 연구를 살펴보면, Park et al.[8]은 가솔린 GDI(Gasoline Direct Injection)에 가변 밸브 타이밍(VVT: Variable Valve Timing)기술을 적용한 연구를 진행하였으며, Copeland et al.[9]은 다운사이징 GDI 엔진에서의 EGR의 유동과 밸브 오버랩에 대한 수치 해석적 연구를 통해 상관관계를 분석하였다. Alger et al.[10]은 GDI 엔진의 연료소비율 및 BMEP(Brake Mean Effective Pressure)를 향상시키고자 EGR을 도입하였으며, 부분 부하에서 Cooled EGR을 0~20%까지 적용하여 펌핑 손실을 저감시켰다. Nan et al.[11]는 MPI(Multi Point Injection) 엔진의 연료소비율 및 NOx 배출량을 감소시키고자 압축기 상승과 외부 EGR을 도입하였다. 기존의 가솔린 차량의 배출가스 저감에 대한 기술 개발 및 연구는 엔진 다운사이징 (engine downsizing) 및 EGR 기술 등이 있다. 하지만 간단한 구조 변경을 통하여 배기가스 변화를 고찰한 연구는 드물다.

Table 2. Analysis conditions of intake manifold

Item	value
Working fluid	Ideal gas(air)
Blade number	3, 4, 5, 6
Blade angle (°)	10, 20, 30, 40 ,50
Engine speed (rpm)	2000, 3000, 4000

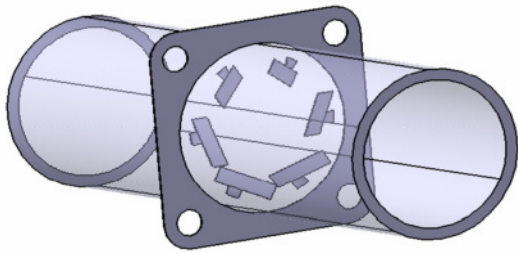


Fig. 2. Modeling of intake manifold



Fig. 3. Photos of manufactured gasket blade and mounted on intake manifold



Fig. 4. Emission simulation system

따라서 본 연구에서는 흡기 매니폴드에서 와류의 강도를 강화시키기 위하여 가스켓 블레이드를 적용하여 자동차 배출가스에 미치는 영향에 대한 연구를 해석과 실험을 통하여 동시에 수행하였다.

Table 3. Specifications of gasoline engine

Item	Value
Model	Sirious II. 2.0 DOHC
Displacement (cc)	2,000
Number of cylinder	4
Cam shaft type	DOHC (4 Valve)
Compression ratio	10.1 : 1
Inside diameter (mm)	85
Stroke (mm)	88
Ignition time	BTDC 7° ± 5°
Idle (rpm)	800±100

Table 4. Emission measure equipments

Description	Specification	
Model	DRO-401	
Range	CO	0.00~9.99% vol
	HC	0.00~9,999 ppm
	NOx	0.00~5,000 ppm
	CO <sub>2</sub>	0.00~20.00% vol
Accuracy	CO	±0.01% vol
	HC	±1 ppmvol
	NOx	±7 ppmvol
	CO <sub>2</sub>	±0.5%vol
Method of measurement	CO/HC	Non-dispersive infrared rays
Response	90% response with in 10 sec	

## 2. 흡기 매니폴드 모델링 및 해석 조건

흡기 매니폴드의 유동 성능을 향상시키기 위하여 가스켓 블레이드를 추가하였으며, 이를 위해 3D 모델링 프로그램인 CATIA를 이용하여 3, 4, 5, 6개의 가스켓 블레이드를 Fig. 1과 같이 설계하였다. 또한, 블레이드 각도 변화에 대한 흡기 매니폴드의 내부 유동에 미치는 영향에 대하여 성능해석을 수행하였다. 본 해석에 사용된 흡기 매니폴드는 2000 cc의 가솔린 차량을 기반으로 한 것이며, 해석 조건은 Table 2에 나타내었다. 흡기 매니폴드 내부의 유동은 속도가 매우 빠름으로 난류로 가정하여 k-ε 난류모델을 기반으로 유동해석을 수행하였으며, Fig. 2에 본 연구에서 사용한 흡기 매니폴드의 3D 모델을 나타내었다.

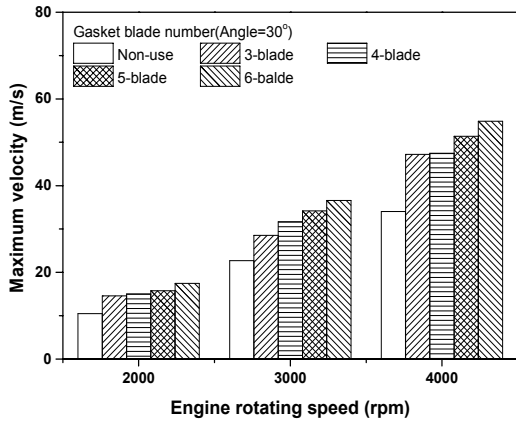


Fig. 5. Maximum air velocity in the intake manifold with the number of gasket blade

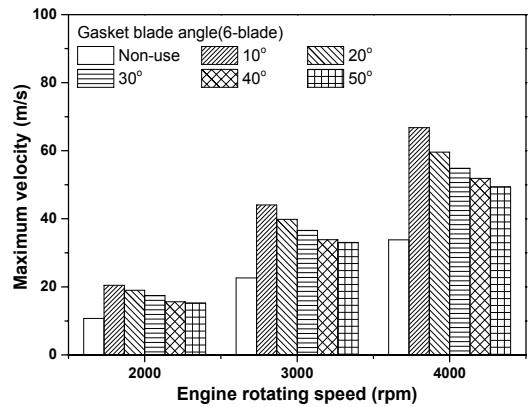


Fig. 7. Maximum air velocity in the intake manifold with the angle of gasket blade

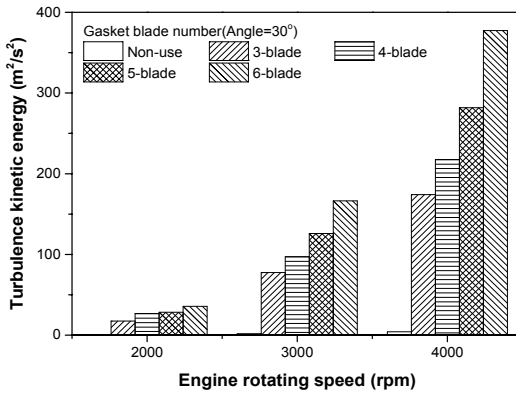


Fig. 6. Turbulence kinetic energy in the intake manifold with the number of gasket blade

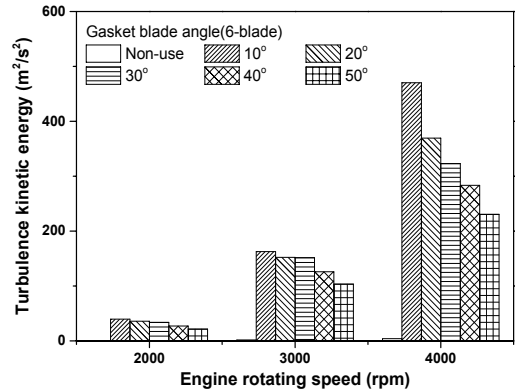


Fig. 8. Turbulence kinetic energy in the intake manifold with the angle of gasket blade

### 3. 배출가스 실험장치 및 방법

본 연구에서는 23만 km를 주행한 노후된 2000 cc 가솔린 차량의 엔진을 사용하였으며, 해석 결과에서 최고 유속을 나타낸 가스켓 블레이드의 개수와 각도를 흡기 매니폴드에 적용하여 배출가스를 측정하였다. 실험은 무부하 조건에서 엔진 시뮬레이션 시스템을 이용하여 가스켓 블레이드 적용의 유무가 차량의 배출가스(HC, CO, NOx)에 미치는 영향을 분석하였다. Fig. 3에 본 연구에서 제작된 30°의 6-blade 가스켓과 흡기 매니폴드에 장착된 가스켓 블레이드의 사진을 나타내었으며, Fig. 4에 배기가스 측정 장치와 엔진 시뮬레이션 시스템의 사진을 나타내었다.

Table 3에 가솔린 엔진의 제원을 나타내었으며, Table 4에 실험에 사용된 배기가스 측정 장치의 상세사양을 나타내었다.

### 4. 결과 및 고찰

#### 4.1 흡기 매니폴드의 유동 해석 결과

Fig. 5는 흡기 매니폴드에서 가스켓 블레이드 각도가 30°일 때, 블레이드 개수에 따른 최고 유속의 결과를 나타내었다. 엔진 회전수가 2000 rpm에서 블레이드를 사용하지 않은 경우 흡기 매니폴드 속도는 10.7 m/s였으며, 블레이드 개수가 증가함에 따라 흡기 매니폴드 내부의 최고 유속은 17.5 m/s로 증가하였다. 엔진 회전수가

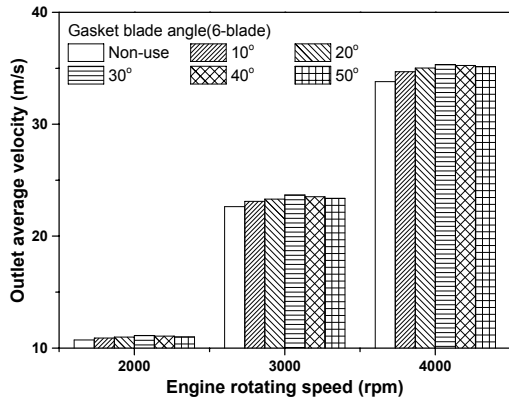


Fig. 9. Outlet average air velocity in the intake manifold with the angle of gasket blade

3000 rpm에서는 블레이드를 사용하지 않는 경우 흡기 매니폴드 속도는 22.6 m/s였으며, 블레이드 개수가 증가함에 따라 흡기 매니폴드 내부의 최고 유속은 36.6 m/s로 증가하였다. 또한, 4000 rpm에서 블레이드 개수가 증가함에 따라 흡기 매니폴드의 최고 속도는 33.8 m/s에서 54.8 m/s로 증가하였다. 모든 엔진 회전수에서 블레이드가 6개일 때, 블레이드를 사용하지 않는 경우에 비하여 최고 속도는 평균적으로 62.2% 향상되었다.

일반적으로 흡입 공기의 유속 증가는 난류 운동에너지의 증가로 나타난다. 이러한 영향을 간접적으로 확인하기 위하여 난류 운동에너지의 변화를 확인하였으며, 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 모든 엔진 회전수에서 난류 운동에너지는 6-blade의 가스켓에서 가장 크게 나타났으며, 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm에서 난류 운동에너지는 각각  $34.06 \text{ m}^2/\text{s}^2$ ,  $151.58 \text{ m}^2/\text{s}^2$ ,  $323.09 \text{ m}^2/\text{s}^2$ 를 나타내었다. 블레이드의 적용은 공기의 유동면적의 감소와 동시에 강한 와류를 발생시키기 때문에 유속 및 난류 강도를 강화시킨다.

Fig. 7은 6-blade에서 블레이드 각도에 따른 흡기매니폴드 내부의 최고 유속을 나타내었다. 시스템에서 최고 속도는 블레이드 부분에서 나타났으며, 모든 엔진 회전수에서 블레이드의 각도가 작을수록 최고 속도는 증가하였다. 블레이드 각도가 가장 작은 10°일 때, 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm에서 블레이드를 사용하지 않은 경우보다 최고 속도는 약 90.7%, 94.5%, 97.5% 증가하였다.

블레이드 각도에 따른 난류 운동에너지의 변화를 Fig. 8에 나타내었다. 흡기 매니폴드에서 흡입되는 공기의 유

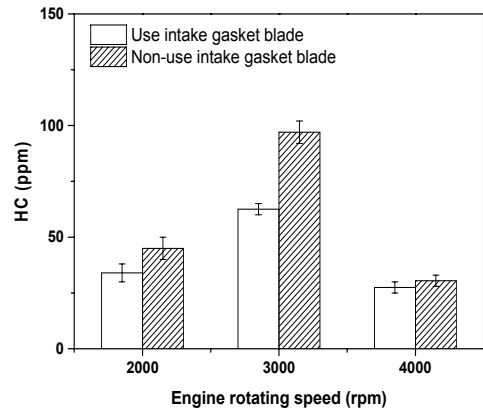


Fig. 10. Variation of HC according to engine speed

속 증가는 공기의 난류 운동에너지를 증가시킨다. 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm에서 난류 운동에너지는 블레이드 각도가 10°에서  $34.1 \text{ m}^2/\text{s}^2$ ,  $151.6 \text{ m}^2/\text{s}^2$ ,  $323.1 \text{ m}^2/\text{s}^2$ 로 가장 높게 나타났다. 이는 블레이드 각도가 작아짐에 따라 유동 면적이 좁아져 와류 발생이 커지기 때문이다.

흡기 매니폴드 내부의 최고 유속은 블레이드 쪽에서 발생되었는데, 배기가스의 저감에 미치는 부분은 흡기 매니폴드 출구이다. 그래서 흡기 매니폴드 출구에서의 평균 유속을 확인하였으며, 이를 Fig. 9에 나타내었다. 모든 엔진 회전수에서 흡기 매니폴드 출구에서 공기의 속도는 각도가 30°인 블레이드에서 각각 11.1 m/s, 23.7 m/s, 35.3 m/s로 나타났다. 이러한 결과는 최고 속도를 보인 10°의 블레이드 각도와 다른 경향을 보인다. 이는 블레이드의 각도가 작아짐에 따라 흡기 매니폴드 내부의 면적이 좁아져 중심부에서 유속이 가장 높게 나타났지만, 이에 반하여 흡기 매니폴드 벽면에서는 이러한 영향이 적게 미치기 때문이다. 따라서 해석에서는 흡기 매니폴드 출구에서의 평균유속이 가장 빠르게 형성된 6-blade와 30° 각도의 가스켓이 가장 효과적임을 확인하였다.

#### 4.2 배기가스 실험 결과

해석 결과를 기반으로 본 실험에서는 6-blade와 30°의 각도인 가스켓 블레이드를 무부하 엔진 시뮬레이션 시스템에 적용하여 배기가스에 대한 영향을 확인하였다. Fig. 10은 가스켓 블레이드를 적용하였을 때, 엔진 회전수에 따른 HC 배기가스의 변화를 나타낸 것이다. 엔진 회전

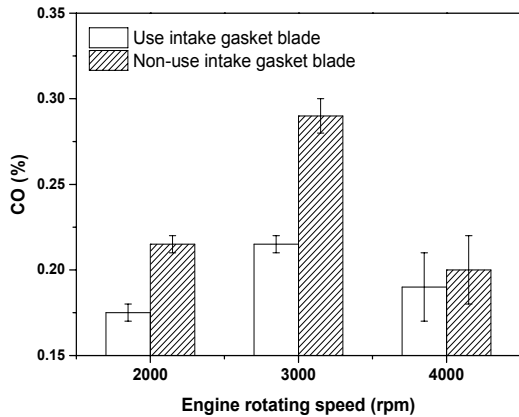


Fig. 11. Variation of CO according to engine speed

수가 2000 rpm에서 가스켓 블레이드를 적용하였을 때 HC의 값은 45 ppm에서 34 ppm으로 약 24.4% 감소하였으며, 3000 rpm에서는 97.5 ppm에서 62.5 ppm으로 약 35.9% 감소하였다. 또한 엔진 회전수가 4000 rpm에서는 30.5 ppm에서 27.5 ppm으로 약 9.8% 감소하는 것을 확인하였다.

Fig. 11은 가스켓 블레이드를 적용하였을 때, 엔진 회전수에 따른 CO 배기가스의 변화를 나타낸 것이다. 엔진의 회전수가 2000 rpm에서 가스켓 블레이드를 적용하였을 때 CO의 값은 0.215%에서 0.175%로 약 18.6% 감소하였으며, 3000 rpm에서는 0.29%에서 0.215%로 약 25.9% 감소하였다. 또한 엔진 회전수가 4000 rpm에서는 0.2%에서 0.19%로 약 5% 감소하는 것을 확인하였다. 실험결과 흡기 매니폴드에 가스켓 블레이드의 적용은 공기의 유속을 증가시켜 엔진에서 불완전 연소를 감소시켜 불완전 연소에 의해 발생하는 HC와 CO를 평균 23.4%와 16.5% 저감시키는 것으로 확인되었다. 또한 배출가스의 저감효과는 엔진의 회전수가 증가함에 따라 감소함을 확인할 수 있다.

Fig. 12는 가스켓 블레이드를 적용하였을 때, 엔진 회전수에 따른 NOx 배기가스의 변화를 나타낸 것이다. 엔진 회전수가 2000 rpm에서 가스켓 블레이드를 적용하였을 때 NOx의 값은 116 ppm에서 108 ppm로 약 6.9% 감소하였으며, 3000 rpm에서는 227.5 ppm에서 220 ppm으로 약 3.3% 감소하였다. 엔진 회전수가 4000 rpm에서는 600 ppm에서 593 ppm로 약 1.2% 감소하는 것을 확인하였다. 가스켓 블레이드의 적용한 경우 NOx 배출량은 평균적으로 3.8%정도 감소하는 것으로 나타났지

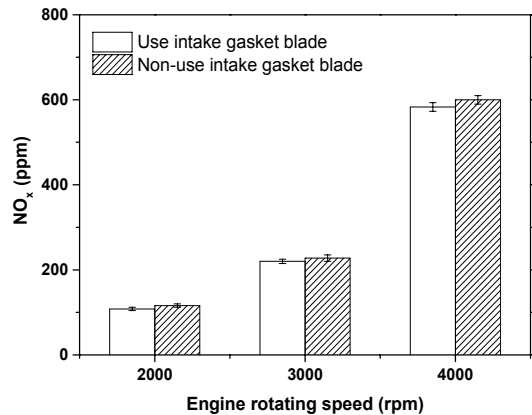


Fig. 12. Variation of NOx according to engine speed

만 감소폭은 상대적으로 크지 않았다. 이는 NOx는 엔진의 온도 변화에 큰 영향을 받지만 가스켓 블레이드의 적용은 흡기 매니폴드에서 온도변화에 큰 영향을 미치지 않았기 때문으로 사료된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 간단한 구조변경을 통한 배출가스 변화에 대한 영향을 알아보기 위하여 흡기 매니폴드에 가스켓 블레이드를 적용하였다. 먼저 3D 유동해석 프로그램을 사용하여 가스켓 블레이드의 개수와 각도에 대한 유동해석을 수행하였으며, 해석 결과를 기반으로 우수한 성능의 블레이드 개수와 각도를 적용하여 무부하 엔진 시뮬레이션 시스템으로 차량 배출가스에 대한 영향을 실험적으로 확인하였다. 해석 결과 흡기 가스켓 블레이드 각도가 30° 일 때, 블레이드 개수에 따른 유동해석 결과는 모든 엔진 회전수에서 6-blade일 때 평균적으로 62.2% 공기의 최고 유속이 향상되었다. 6-blade의 흡기 가스켓을 기반으로 블레이드 각도에 따른 유동해석 결과는 모든 엔진 회전수에서 최고 유속은 10° 블레이드 각도에서 나타났지만, 흡기 매니폴드 출구의 평균 유속은 30°에서 가장 빠르게 나타났다. 해석 결과를 기반으로 30° 각도의 6-blade를 적용하여 배출가스 성능 실험을 수행하였으며, 모든 엔진 회전수에서 HC, CO, NOx 배출가스는 평균적으로 23.4%, 16.5%, 3.8% 감소함을 확인하였다. 자동차 흡기 매니폴드에 각도 30°의 6-blade 가스켓 블레이드의 적용은 흡기 매니폴드 내부에 난류유

동을 발생시켜 공기 유속을 증가시키므로 엔진에서 완전 연소에 효과적이며 결과적으로 배출가스를 저감시킴을 확인하였다.

## References

- [1] G. Greeves, I. M. Khan, C. H. T. Wang, I. Fenne, Origins of Hydrocarbon Emission from Diesel Engines, SAE Technical Paper No. 770259, 1977  
DOI: <https://dx.doi.org/10.4271/770259>
- [2] Y. Sato, A. Noda, T. Sakamoto, Combustion and NOx Emission Characteristics in a DI Methanol Engine Using Supercharging with EGR, SAE No. 971647, 1997  
DOI: <https://dx.doi.org/10.4271/971647>
- [3] N. Uchida, Combustion Optimization by Means of Common Rail Injection System for Heavy-Duty Diesel Engines, SAE No. 982679, 1987  
DOI: <https://dx.doi.org/10.4271/982679>
- [4] Y. H. Cho, S. O. Kim, EU, EURO 6 Enforcement of automobile exhaust gas regulation, BSC Report 359-13-003
- [5] Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2007 on type approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information
- [6] Compliance in Advance and Supporting system (<http://www.compass.or.kr>)
- [7] J. Kim, The Flow and Distribution Characteristics for Various Configurations of Individual EGR Supply System, KSAE 2005 Fall, KSAE05-F0003, pp. 15-21, 2005
- [8] S. Park, The study on Engine Performance and Emission Characteristics with Continuously Variable Valve Lift System in an SI Engine, M. S. thesis, Kookmin University, 2011
- [9] C. D. Copeland, X. Gao, P. A. Freeland, J. Neumeister and J. Micalf, Simulation of Exhaust Gas Residuals in a Turbocharged, Spark Ignition Engine, SAE Technical Paper 2013-01-2705, 2013  
DOI: <https://dx.doi.org/10.4271/2013-01-2705>
- [10] T. Alger, T. Chauvet and Z. Dimitrova, Synergies between High EGR Operation and GDI Systems, SAE Technical Paper 2008-01-0134, 2008  
DOI: <https://dx.doi.org/10.4271/2008-01-0134>
- [11] J. Nan, L. Jifeng, Z. Xueen and C. Xiaojun, Study on Engine Performance Influenced by External Cooled EGR, Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress, Vol. 1, pp. 587-598, 2012  
DOI: [https://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-33841-0\\_45](https://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-33841-0_45)

### 이 민 정(Min-Jung Lee)

[정회원]



- 2014년 3월 : 조선대학교 기계공학과(공학사)
- 2018년 3월 : 조선대학교 기계공학과 대학원(공학석사)

<관심분야>

신재생에너지, 냉동공학, 열전달

### 김 태 중(Tae-Jung Kim)

[정회원]



- 1998년 2월 : 목포해양대학교 기관공학과 (공학사)
- 1998년 4월~2000년 6월 : STX 팬오션 해기사 (2등기관사)
- 2010년 2월 : 조선대학교 대학원 기계공학과 대학원 (공학석사)
- 2015년 2월 : 조선대학교 대학원 기계공학과 대학원 (공학박사)

• 2013년 3월 ~ 2015년 12월 : 조선이공대학교 자동차과 강의전담 교수

• 2015년 12월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 달성캠퍼스 자동차 조교수

<관심분야>

신재생에너지, 냉동공학, 내연기관

### 신 윤 찬(Yun-Chan Shin)

[정회원]



- 2008년 3월 : 조선대학교 기계공학과(공학사)
- 2012년 3월 : 조선대학교 기계공학과 대학원(공학석사)
- 2014년 3월 : 조선대학교 기계공학과 대학원(공학박사)

<관심분야>

신재생에너지, 냉동공학, 열전달

조 홍 현(Hong-Hyun Cho)

[정회원]



- 2005년 8월 : 고려대학교 기계공학과 대학원 (공학박사)
- 2005년 9월 ~ 2006년 10월 : 삼성전자 가전연구소 책임연구원
- 2007년 1월 ~ 2008년 3월 : 미국 NIST 객원연구원
- 2008년 4월 ~ 2014년 2월 : 조선대학교 기계공학과 조교수
- 2014년 3월 ~ 2016년 2월 : 조선대학교 기계공학과 부교수
- 2016년 3월 ~ 현재 : 조선대학교 기계공학과 교수

<관심분야>

신재생에너지, 냉동공학, 열전달