creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000267355

2019년 2월
박사학위 논문

흡기매니폴드 노즐이 자동차 배출가스 및 성능에 미치는 영향

조선대학교 대학원

기 계 공 학 과

김 만 재

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

흡기매니폴드 노즐이 자동차 배출가스 및 성능에 미치는 영향

Influence of the Nozzles in Intake Manifolds on Performance and Exhausted Emission

2019년 02월 25일

조선대학교 대학원

기 계 공 학 과

김 만 재

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

흡기매니폴드 노즐이 자동차 배출가스 및 성능에 미치는 영향

지도교수 : 최 병 기

이 논문을 공학박사 학위신청 논문으로 제출함

2018년 10월

조선대학교 대학원

기 계 공 학 과

김 만 재

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

김만재의 박사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 명예교수 양 인 영 (인)

위 원 조선대학교 교 수 차 용 훈 (인)

위 원 목포대학교 교 수 김 일 수 (인)

위 원 우석대학교 교 수 임 광 희 (인)

위 원 조선대학교 교 수 최 병 기 (인)

2018년 12월

조선대학교 대학원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Contents

Contents ····· v
List of Figures ····· vii
List of Tables ····· x
Abstract ····· xii

제 1 장 서 론 ····· 1

제1절 연구 배경 ····· 1

제2절 연구 목적 ····· 6

제 2 장 관련 이론 ····· 7

제1절 가솔린 기관의 유해 배출가스 ····· 7

제 3 장 흡기 매니폴드 모델링 및 해석 방법 ····· 10

제1절 흡기 매니폴드 모델링 ····· 10

제2절 흡기 매니폴드 해석 방법 ····· 11

제 4 장 실험장치 및 방법 ····· 13

제 1 절 노즐을 적용한 흡기 매니폴드 장치 제작 ····· 13

제 2 절 배출가스 성분 측정 실험 장치 ····· 14

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 절 자동차 엔진 성능 측정 장비 ····· 18
제 4 절 실험방법 및 조건 ····· 20
제 5 장 결과 및 고찰 ····· 22
제 1 절 Φ5 노즐의 각도 변화에 따른 유동해석 ····· 22
제 2 절 Φ2.5 노즐의 각도 변화에 따른 유동해석 ····· 36
제 3 절 노즐의 직경에 따른 유동해석 ····· 49
제 4 절 무부하 조건에서의 배출가스 ····· 56
제 5 절 엔진 출력 성능 ····· 63
제 6 절 ASM2525 모드 배출가스 ····· 66
제 6 장 결 론 ····· 72
References ····· 74

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Figures

Fig. 1 Relationship between exhaust gas and mixing ratio ····· 7
Fig. 2 Modeling of intake manifold using nozzle ····· 10
Fig. 3 Photographs of manufactured nozzle & mounted on intake manifold ····· 13
Fig. 4 Photograph of engine simulator system ····· 14
Fig. 5 Photograph of emission measure equipment-QRO-401 ····· 16
Fig. 6 NDIR Principle ····· 17
Fig. 7 Principle of electrochemical method ····· 17
Fig. 8 Photograph of chassis dynamo measurement equipment ····· 19
Fig. 9 Gasoline and gas vehicle exhaust gas test method(ASM2525) ····· 21
Fig. 10 Maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 24
Fig. 11 Turbulence kinetic energy according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 25
Fig. 12 Outlet maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 26
Fig. 13 Maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 29
Fig. 14 Turbulence kinetic energy according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 30
Fig. 15 Outlet maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 31
Fig. 16 Maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 33
Fig. 17 Turbulence kinetic energy according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 34
Fig. 18 Outlet maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 35
Fig. 19 Maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 38
Fig. 20 Turbulence kinetic energy according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 39

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 21 Outlet maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 40
Fig. 22 Maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 42
Fig. 23 Turbulence kinetic energy according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 43
Fig. 24 Outlet air maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 44
Fig. 25 Maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 46
Fig. 26 Turbulence kinetic energy according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 47
Fig. 27 Outlet maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 48
Fig. 28 Maximum air velocity in the intake manifold with the nozzle diameter as the engine rotating speed of 2000 rpm ····· 51
Fig. 29 Outlet average air velocity in the intake manifold with the nozzle diameter as the engine rotating speed of 2000 rpm ····· 51
Fig. 30 Maximum air velocity in the intake manifold with the nozzle diameter as the engine rotating speed of 3000 rpm ····· 53
Fig. 31 Outlet average air velocity in the intake manifold with the nozzle diameter as the engine rotating speed of 3000 rpm ····· 53
Fig. 32 Maximum air velocity in the intake manifold with the nozzle diameter as the engine rotating speed of 4000 rpm ····· 55
Fig. 33 Outlet average air velocity in the intake manifold with the nozzle diameter as the engine rotating speed of 4000 rpmm ····· 55
Fig. 34 Variation of HC according to nozzle diameter of engine that driven of 30,000 km in the non-load condition ····· 57
Fig. 35 Variation of HC according to nozzle diameter of engine that driven of 180,000 km in the non-load condition ····· 57
Fig. 36 Variation of CO according to nozzle diameter of engine that driven of 30,000 km in the non-load condition ····· 59
Fig. 37 Variation of CO according to nozzle diameter of engine that driven of 180,000 km in the non-load condition ····· 59

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 38 Variation of NOx according to nozzle diameter of engine that driven of 30,000 km in the non-load condition ····· 62
Fig. 39 Variation of NOx according to nozzle diameter of engine that driven of 180,000 km in the non-load condition ····· 62
Fig. 40 Comparison of the engine power according to nozzle diameter of engine that driven 30,000 km ····· 65
Fig. 41 Comparison of the engine power according to nozzle diameter of engine that driven 180,000 km ····· 65
Fig. 42 Variation of HC according to nozzle diameter of engine that driven of 30,000 km in the ASM2525 mode ····· 67
Fig. 43 Variation of HC according to nozzle diameter of engine that driven of 180,000 km in the ASM2525 mode ····· 67
Fig. 44 Variation of CO according to nozzle diameter of engine that driven of 30,000 km in the ASM2525 mode ····· 69
Fig. 45 Variation of CO according to nozzle diameter of engine that driven of 180,000 km in the ASM2525 mode ····· 69
Fig. 46 Variation of NOx according to nozzle diameter of engine that driven of 30,000 km in the ASM2525 mode ····· 71
Fig. 47 Variation of NOx according to nozzle diameter of engine that driven of 180,000 km in the ASM2525 mode ····· 71

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Tables

Table 1 Analysis conditions of intake manifold ····· 11
Table 2 Specification of gasoline engines ····· 15
Table 3 Specification of emission measure equipments ····· 17
Table 4 Specifications of the chassis dynamometer (CCD HD, ASM-P) ····· 28
Table 5 Non-load test conditions ····· 21
Table 6 Load test conditions ····· 21
Table 7 Maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 24
Table 8 Turbulence kinetic energy data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 25
Table 9 Outlet maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 26
Table 10 Maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 29
Table 11 Turbulence kinetic energy data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 30
Table 12 Outlet maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 31
Table 13 Maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 33
Table 14 Turbulence kinetic energy data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 34
Table 15 Outlet maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter of 5 mm ····· 35
Table 16 Maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 38
Table 17 Turbulence kinetic energy data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 39
Table 18 Outlet maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 40
Table 19 Maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 42
Table 20 Turbulence kinetic energy data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 43
Table 21 Outlet air maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 44
Table 22 Maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 46
Table 23 Turbulence kinetic energy data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 47
Table 24 Outlet maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter of 2.5 mm ····· 48

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Abstract

Influence of the Nozzles in Intake Manifolds on Performance and Exhausted Emission

Kim Man Jae
Advisor : Prof. Choi, Byung-Ky
Department of Mechanical Engineering,
Graduate school of Chosun University

Today, there are more than one car per household, and it has become an indispensable necessity for our lives. However, the exhausted emissions after burning on fossil-fueled vehicles have an adverse effect on the human body which is polluting the atmosphere and causing many environmental problems. Accordingly, countries are increasingly interested in environmental pollution caused by automobile exhaust gas, and they are forcing regulations to be tightened in exhaust gas. exhaust gas. In the EU, EURO 6 has been implemented since 2014, which is more strengthened than the previous regulation on vehicle emissions (EURO 1-5). Therefore, in this study, the nozzles were applied in order to improve the flow performance of the intake manifold. First, the flow analysis was performed on the intake manifold device using the nozzle. Based on the analysis results, the experiment was performed at the best nozzle angle in order to confirm whether the application of the nozzle affects the exhaust gas of the

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

automobile engine, the exhaust gas discharged from the engine was confirmed by changing the engine speed in the no-load engine simulation system. After that, we measured the engine power according to the application of the nozzle at the chassis dynamometer with the gasoline vehicle of driven mileages 30,000 km and 180,000 km. Also, the effect of the nozzle was confirmed by measuring the exhaust gas emitted from the vehicle in the ASM2525 mode, which is an actual vehicle performance test mode.

As the results, the maximum air velocity in the intake manifold using the nozzle was shown with decreasing tendency as the increasing nozzle angles (30°, 45° and 60°) at the engine rotating speed of 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm respectively. And the maximum air velocity in the intake manifold inside was shown at the nozzle angle of 30°. Also, the air velocity at nozzle diameter of 2.5 mm was shown higher than that of the nozzle diameter of 5 mm.

From the analysis results, the exhaust gas performance test was performed in the engine simulator system based on the nozzle angle of 30°, which maximizes the flow velocity of the air. As the nozzle inlet speed increased, the HC exhaust gas of nozzle diameters of 2.5 and 5 mm was decreased more than that of non-nozzle by 60.1% and 51.7%, respectively. In the engine with a driven mileage of 30,000 km. the CO exhaust gas of nozzle diameters of 2.5 and 5 mm was decreased that of non-nozzle by 51% and 41.5%, respectively. And the NOx exhaust gas was decreased that of non-nozzle by 81.4% and 69.3%, respectively. As the nozzle inlet speed increased, the HC exhaust gas of nozzle diameters of 2.5 and 5 mm was decreased that of non-nozzle by 60.3% and 35.6%, respectively, in the engine with a driven mileage of 180,000 km. And the CO exhaust gas was decreased that of non-nozzle by 49.6% and 35.6%, respectively. Also, the NOx exhaust gas of nozzle diameters of 2.5 and 5 mm was decreased more than that of non-nozzle by 21.3% and 30.3%, respectively in the engine with a driven mileage of 180,000 km. The application of the nozzle to the intake manifold reduced HC, CO, and NOx emissions caused by incomplete combustion in

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

a no-load engine system.

Accordingly, it was conducted experiments on engine output performance of 30,000 km and 180,000 km of vehicles. The engine output for nozzle diameters of 2.5 and 5 mm in a vehicle with a driven mileage of 30,000 km was improved by 6.5% and 4.7% respectively compared to the case without nozzle. The engine output for nozzle diameters of 2.5 and 5 mm in a vehicle with a driven mileage of 180,000 km was improved by 13.3% and 3.3%, respectively, compared to the case without nozzle.

In order to confirm the influence of the exhaust gas of the vehicle applying the nozzle on the intake manifold under the engine load condition, exhaust gas was measured in the ASM2525 mode, which is a method of measuring the exhaust gas of a gasoline vehicle. The HC exhaust gas of nozzle diameters of 2.5 and 5 mm was decreased than that of non-nozzle by 45.8% and 39.3%, respectively, in the engine with a driven mileage of 30,000 km. And the CO exhaust gas was decreased that of non-nozzle by 47.8% and 34.8%, respectively. Also, the NOx exhaust gas of nozzle diameters of 2.5 and 5 mm was decreased than that of non-nozzle by 71.9% and 53.8%, respectively, in the engine with a driven mileage of 30,000 km. The HC exhaust gas of nozzle diameters of 2.5 and 5 mm was decreased than that of non-nozzle by 50.8% and 38.4%, respectively, in the engine with a driven mileage of 180,000 km. And the CO exhaust gas was decreased that of non-nozzle by 56.9% and 43.1%, respectively. Also, the NOx exhaust gas of nozzle diameters of 2.5 and 5 mm was decreased than that of non-nozzle by 34.4% and 27.1%, respectively, in the engine with a driven mileage of 180,000 km. It was confirmed that the application of the nozzle improves the output of the engine and drastically reduces harmful exhaust gases HC, CO, and NOx.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경

산업혁명 이후 과학기술은 급격히 발전되었고 오늘날에도 기하급수적으로 발전하고 있다. James watt의 증기기관을 시작으로 자동차는 인류의 활동 범위를 크게 넓혀주었고, 가솔린 엔진의 발명과 함께 그 수요는 계속적으로 증가하고 있다. 더욱이 오늘날의 자동차 산업은 내연기관의 화석연료를 사용하는 자동차엔진과 전기모터를 같이 사용하는 하이브리드 자동차를 포함 전기모터를 사용하여 작동하는 전기자동차가 실용화되어 사용되어지고 있다. 이렇게 자동차가 발전하게 되는 시대적 환경적 배경에는 세계 각국의 유해 배출가스 규제가 해를 거듭할수록 더욱 엄격해지고 배출가스에 의한 지구 온난화로 인한 환경문제가 대두되었기 때문이다, 현재 세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 화석연료를 사용하는 내연기관 차량을 한 가구당 한 대씩은 대부분 보유하고 있으며, 더더욱 우리 생활에 없어서는 안 될 필수품이 되어있다. 하지만 자동차에서 연소된 후 나오는 배기가스는 평범한 물질이 아니다. 이러한 자동차 배출가스는 인체에 악영향을 끼치며, 나아가 대기마저 오염시킨다. 화석연료를 사용하는 이들 자동차 배출가스 중에는 공기를 흡입하는 생명체에 악영향을 미치는 물리적, 화학적 성분이 포함되어 있다. 대표적인 유해물질로 질소산화물(NOx), 탄화수소(HC), 일산화탄소(CO),등이 알려져 있다. 현재 가솔린 엔진에서 배출되는 배기가스의 유해물질 중 대부분을 차지하는 것은 연소되지 않고 배출되는 CO(일산화탄소, Carbon monoxide)이다. CO는 흡입 시 산소보다 약 300배 높은 헤모글로빈 친화력으로 혈액의 산소운반작용을 방해하고 CO가 체적비로 0.3% 이상 함유된 공기를 장시간 호흡할 경우 목숨까지도 잃게 된다 [1, 2]. 또한 NOx는 그 자체로는 독성이 없으나 의심되는 효과는 CO보다 1,000배 더 강한 헤모글로빈의 고착과 폐기종 타입의 일부 변형에 관계한다. NO의 본질적인 효과는 NOz와 같은 형태에서 나타난다. 과산화질소는 세포에서 활동을 시작하여 폐까지 진행되어 구조를 손상시키고, 폐의 방어 시스템 운동을 방해하며, 폐의 식세포를 파괴시키게 된다. 적은 흡수량으로 그들의 활동성을 자극하고 신체 방어

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

력을 떨어뜨려 감염 같은 다른 합병증을 일으킨다[3]. HC 중 인간의 건강에 미치는 것은 불포화 탄화수소이다. 단방향족 탄화수소인 벤진은 직업적으로 노출되기 쉬운데 장기간 흡입하게 되면 백혈병을 일으킬 수 있다. 이것은 적혈구의 형성을 방해하여 골수에 영향을 주고, 혈소판과 마찬가지로 백혈구를 파괴하여 백혈구 감소증을 유발시키게 된다. 또한 악성육아종중인 호드킨슨병과 림프종과 같은 혈액학적 무질서를 일으키는데 가장 의심이 가는 물질이며 염색체 변이를 일으킬 수 있다. 다방향족 탄화수소(PAH)는 18세기 후반과 19세기 초에 세포의 돌연변이를 발생시키는 발암물질이라는 것이 확실하게 입증되었다[3].

이렇듯 화석연료를 사용하는 자동차에서 발생하는 배출가스가 인체에 유해하다는 건 누구나 인지하고 있으며 새로운 기술 개발도 많이 이뤄지고 있으며, 특히 자동차에서 배출되는 배기가스를 저감시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존의 국내 연구를 살펴보면, Kim at al.[4]은 양산되고 있는 흡기 매니폴드 NU base, 저중속 1차, 저중속 2차 모델, NU HEV 및 GAMMA GDI의 분배성에 대하여 전산 해석과 실험을 통하여 유량 분배 특성을 비교 검증하였다. Park et al.[5]은 흡기 매니폴드가 유동 분배 특성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 상용 1D 엔진 시뮬레이션과 3D 유동 해석 프로그램을 이용하여 대상엔진의 실린더별 분배성을 평가하였으며, 흡기 매니폴드 형상 및 입구부 위치에 따른 실린더별 분배 특성에 대한 연구를 수행하였다. Kim at al.[6]은 가솔린 T-GDi엔진용 플라스틱 흡기매니폴드 개발에 관한 연구에서 엔진의 흡기 유동 저항 최소화와 기통간 흡기 유동 분배를 위해서 유동 해석을 통해 External center feeding 방식의 흡기 매니폴드를 적용하여 엔진 성능 향상을 극대화 하고자 하여 플라스틱 흡기 매니폴드에 초점을 맞춰 전개하였다. Kim at al.[7]은 흡기 매니폴드 형상에 따른 유동 분배 특성을 통해 CFD를 이용한 Manifold 의 형상에 따른 유동 현상을 관찰하였다. Kim at al.[8]은 난류 유동 조건에서 유량 분배 성능과 관계된 분배형 매니폴드 내부의 유동구조를 살펴 흡기 매니폴드 설계 시 최적의 상태에 대한 의미 있는 연구를 수행하였다. Lee at al.[9]은 난류유동조건에서 유량분배성능과 관계된 분배형 매니폴드 내부의 유동구조를 살폈고, 또한 유출유동량의 분포를 균일하게 하기 위하여 출구포트 형상 변화를 시도하여 분배 효율이 좋은 매니폴드에 대한 정상상태, 비압축성 난류운동에 대해 난류모델을 이용한 3차원 해석이 수행하였다. 또한, Park et

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

al.[10]은 상용 엔진 해석 프로그램인 GT-POWER를 이용하여 복합 방식 EGR 장착 3L 디젤 엔진을 모델링하고 정상 상태에서 다빈도 영역의 엔진 성능, 연비 EGR율, 질소산화물 배출량 등 상호 영향을 실험 계획법을 이용하여 최적화하는 연구를 수행하였으며, Choi at al.[11]은 국내 배기재순환 동향에서 배기재순환은 비교적 간단하고 저렴한 구조를 가지고 엔진의 연소 및 배기성능을 효율적으로 향상시킬 수 있는 기술로서 향후 그 적용 범위가 더욱 확장될 것으로 예상되며. 최근 PHEV(Plung-in Hybrid Electric Vehicle) 동력원에 적용되는 가솔린 엔진 개발에 배기재순환이 재도입되고 있으며 희박연소 개념을 적용하는 가솔린 및 가스 엔진 분야에서도 적용이 전망되고 있다. 현재 배기재순환 시스템이 주로 적용되고 있는 디젤엔진 분야에 있어서는 향후 비도로(Off-road)용 차 을 비롯한 선박용 엔진에도 배기재순환 기술이 광범위하게 적용될 것으로 예측하는 최근동향을 발표하였다.

Hwang at al.[12]은 승용디젤엔진의 운전조건에 따른 연료분사 제어를 통해 NOx 정화효율향상과 연료소비율 증가의 최소화, 그리고 환원제의 슬립량을 줄이는 것을 연구하였다. Kwon at al.[13]는 가솔린 차량에 대하여 시험실 환경 온도, 차량 냉각방식, 시험 차량의 배터리 충전상태(SOC), 소킹 시간(soaking time) 등 다양한 시험 조건별로 연비 측정 시험을 통한 시험 조건이 연비에 미치는 영향을 비교 분석하였다. Lee et al. [14]은 실 도로에서의 계절의 변화에 따른 차량의 NOx 배출 특성을 파악하기 위해서 흡기온도를 변화시키면서 승용 디젤 차량 및 엔진의 NOx 배출 특성을 분석하였다. Jang at al.[15]은 실제도로에서 배출되는 배출가스를 실시간 측정하였으며 차대동력계 시험모드에서의 배출허용기준과 비교 하여 실제도로에서 배출되는 NOx 배출량은 차대동력계 시험모드에서의 배출 허용기준보다 높은 수준의 결과를 확인 하였다. Kwon at al.[16]은 차대 동력계에서 주행 추종성(Drive Quality)을 평가하여 연비 / 배기 가스에 미치는 영향을 비교 평가하였다. 미국의SAE J2951에서는ER, DR, EER, ASCR, RMSSE 등의 주행 추종성 평가방법을 제시하고 있으며 유럽WP29는 WLTP 주행모드 개발에 충종성평가를 통하여 정규화등 연구를 진행하여 방사형 그래프를 통하여 ER, DR, EER, ASCR, RMSSE 평가를 진행하였고 이를 통한 상관성 시험 및 연비/배출가스 평가에 활용하기 위한 방법을 제안하였다. Kim at al.[17]는 차대동력계 와 고속주행로에서 다양한 주행모드에 따른 연비 결과 와 실도로 주행시험을 통해 얻은 연비 결과를 비교해 보고, 각

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

주행조건에 따른 연비 영향도를 분석 하였다. Oh at al.[18]은 차대동력계시험은 PEMS(Portable Emission Measurement System) 기반 실도로 시험 결과의 오차를 발생시킬 수 있는 여러 인자들이 포함되어 있고, 그 중 가장 큰 오차를 발생시키는 인자는 시험 차량 속도 허용 오차 범위 (+/-3.2km) 내에서의 편차 및 차대동력계 부하 설정 오차이며 이를 보정기법의 상대 오차저감 성능에 대하여 정량적인 분석을 수행하였다. 자동차 배출가스 저감에 대한 기존의 국외 연구를 살펴보면, Chen at al.[19] 는 측면에 90° 형태의 출구포트가 배치된 분배, 흡입 매내폴드에서 운동량 변화, 출구 유동저항, 면적비 등의 세 가지 변수를 알아보고 각 출구포드마다 속도, 압력차를 계산하여 압력변화 계수가 유량분배 특성과 연관되어 변함을 보여주었다. D. Di-Penta at al.[20]은 운전조건별 LNT 촉매의 NOx 저감 특성과 배출가스 중 환원제로 사용되는 CO와 THC의 변화 특성, 그리고 희박 / 농후 사이클의 재생주기에 따른 NOx 저감 특성에 대해 연구하였다. Alasfour et al. [21]는 점화 엔진에서 이소부탄-가솔린 혼합물을 사용하여 NOx 배기가스 및 열 효율에 대한 점화 시기(20/23/27 ° CA BTDC)의 영향을 조사했다. 그 결과 점화 시기를 앞당기는 것이 열효율과 NOx 배출을 증가시킴을 확인하였다. Topgül et al. [22]은 다양한 점화 시기에서 엔진 성능과 배기가스에 대한 무연 가솔린과 무연 가솔린-에탄올 혼합물의 영향을 조사했다. 그 결과 지연된 점화 시기가 배기 온도와 유효전력을 감소시키지만 연료 소비량, HC 및 CO 배출량을 증가시킨다는 것을 확인하였다. Iodice et al.[23]은 냉간 시동 과도(cordstart transient) 내에서 마지막 세대의 점화 기관 (SI) 엔진에서 CO 및 HC 배출에 대한 에탄올-가솔린 혼합물의 영향을 연구했다. 그 결과 상용 가솔린의 사용에 비해 CO와 HC 냉간 시동 배출이 감소하였으며, 20% 에탄올 혼합물에서 가장 높은 배출가스 감소를 확인하였다. Dardiotis et al.[24]는 후기 기술 승용차의 저온 냉간 시동 가스 배출량을 조사하였으며, 그 결과 도시 운전 사이클 (UDC) 동안 가솔린 차량의 CO 및 총 HC 배출량은 617℃에서 2.3에서 11.3 배로 증가하였다. Wang et al.[25]은 분사 압력을 50 bar에서 150 bar로 증가시킴으로써 높은 분사 압력으로 입자 배출량을 개선하였으며, PM 및 PN 배출량은 각각 22% 및 78%까지 감소시켰다. Sayin et al.[26]은 옥탄가가 다른 가솔린을 사용하여 연소 및 배출 가스에 대한 점화 시기의 효과를 연구했다. 그 결과, 고급 RON 가솔린 (RON 97 및 RON 98)의 연료 소비 및 열효율은 향상된

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

점화 시기로 개선되었다. 또한 향상된 점화 시기는 옥탄가가 높은 연료의 경우 CO 및 HC 배출량을 줄일 수 있다고 보고하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 절 연구 목적

자동차 배출가스를 저감시키기 위한 국내 및 국외의 기존 연구는 흡기 매니폴드의 소재 및 형상의 변경, 복합방식의 EGR의 개발, 연료분사 제어, 이소부탄-가솔린 등과 같은 혼합물의 사용, 냉간 시동 및 분사압력 조정 등에 대한 연구가 주를 이루고 있으며, 최근 EGR이 가솔린 차량에 적용되고 있지만 생산단가를 높이기 때문에 단순하며 효과적인 매니폴드 형상 변경을 통하여 접근하는 것이 필요하다. 기존의 배출가스 저감에 대한 연구는 흡기 매니폴드의 형상을 변경하거나 복합 EGR 등을 적용하는 연구가 주를 이루고 있으며, 이러한 방법은 복잡한 형상과 경제적 비용이 많이 요구되는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 흡기 매니폴드의 유동 성능을 향상시키기 위하여 노즐을 적용하였으며, 먼저 노즐을 적용한 흡기 매니폴드 장치에 대한 유동해석을 수행하였다. 해석결과를 기반으로 가장 좋게 나타난 노즐의 각도를 기반으로 실험을 수행하였으며, 노즐의 적용이 자동차 엔진의 배출가스에 영향을 미치는지 확인하기 위하여 무부하 엔진 시뮬레이션 시스템에서 엔진 회전수를 변화시키면서 엔진에서 배출되는 배기가스를 확인하였다. 이후에 주행거리 3만 km와 18만 km의 가솔린 차량으로 섀시다이나모 메타 시스템에서 노즐의 적용에 따른 엔진 출력을 측정하였다. 또한, 실제 자동차 성능검사 모드인 차대동력계에서 ASM2525 모드로 자동차에서 배출되는 배기가스를 측정하여 자동차 배출가스에 미치는 영향 및 성능 대해 규명하고자 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 장 관련 이론

제 1 절 가솔린 기관의 유해 배출가스

자동차에서 배출되는 유해가스로는 주로 CO, HC, NOx이며 그 발생과정을 설명하면 다음과 같다. 엔진에 공급되는 혼합비는 연소 효율이 가장 높은 이론 혼합비(무게비 14.7:1)를 중심으로 하여 희박한 경제 혼합비(16:1) 및 농후한 최대 출력 혼합비(12.5:1)의 범위에서 사용된다. 이러한 혼합비는 엔진의 성능면에서 가장 좋은 것이나 이 혼합기의 농도에 따라 그 연소 속도에 큰 차이가 있으며, 혼합비와 배기가스에 함유된 유해가스의 발생량과의 사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

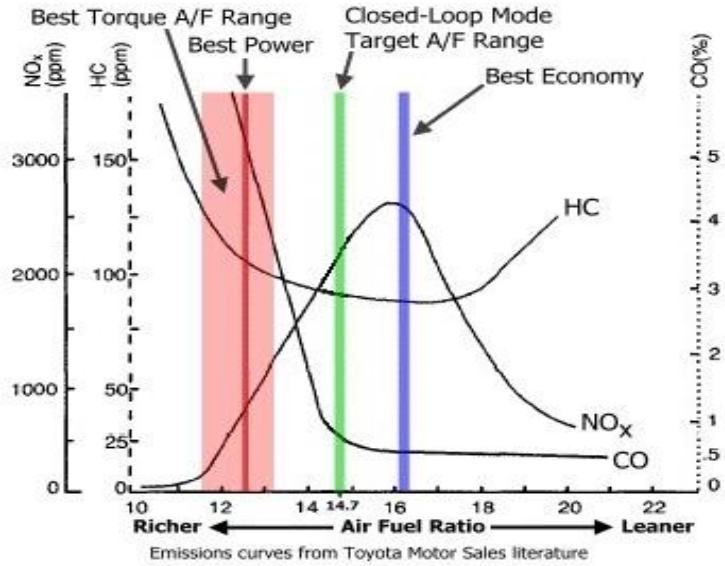


Fig. 1 Relationship between exhaust gas and mixing ratio

①농후한(rich) 혼합기에서는 NOx는 감소하나 HC가 증가한다.
②희박한(lean) 혼합기에서는 CO와 HC는 감소하나 NOx는 증가한다.
③더욱 희박한 혼합기에서는 NOx와 CO는 감소하나 HC는 증가한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. CO의 발생 및 영향

자동차가 일정한 회전 속도로 전부하 운전을 할 때 발생하는 유해가스의 배출비율은 이론 혼합비를 중심으로 이보다 짙은 혼합비일 때는 공기가 부족하므로 불완전 연소가 되어 CO 발생비율이 높아진다.

최근에는 유해가스의 발생량과 관련이 있는 출력 및 연료 소비율에 대한 요구도 엄격하다. 출력은 혼합비가 12.5:1때 최대가 되고, 연료 소비율은 15:1 부근에서 최저값을 나타낸다. 또한 엔진의 성능과는 다음과 같은 관계가 있다.

① CO가 많이 발생할 때는 연료소비가 증가하는 것을 나타내고, 짙은 혼합기를 공급하는 최고 출력 시에는 CO의 발생량은 증가한다.

② NOx의 발생량이 감소할 때는 CO의 발생량은 증가하여 연료소비율은 악화된다. CO는 배기가스 중에 포함된 성분 중 가장 유해하며, 연료가 불완전 연소하였을 경우에 많이 발생한다. 인체에 흡수되면 혈액 속의 헤모글로빈과 결합하여 혈액의 산소 운반 기능이 저해되어 중독증상을 나타낸다.

가솔린은 탄소와 수소의 화합물인 탄화수소이므로 완전 연소하였을 때 탄소는 무해성 가스인 CO_2로, 수소는 H_2O로 변화한다 [27].

$$C + O_2 = CO_2$$

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

그러나 실린더 내에 산소공급이 부족한 상태에서 연소하면 불완전 연소를 일으켜 CO가 발생한다.

$$2C + O_2 = 2CO$$

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. HC의 발생 및 영향

HC의 발생은 혼합비와 직접 관계가 적으며, 비교적 온도가 낮은 연소실 벽 부근에는 연소 온도에 다다르지 않고 화염이 꺼지는 부분이 생기거나 점화 플러그의 불꽃이 약해서 완전히 착화가 되지 않을 때의 미연소 현상, 밸브 오버랩 시에 혼합기가 빠져 나가는 것이 원인이 된다. 따라서 혼합비가 17:1의 범위에서는 혼합비가 짙을수록 HC의 배출량은 증가하나, 혼합비가 17:1이 넘는 희박한 혼합비로 되면 연료 성분이 너무 적기 때문에 보통의 연소 방식으로는 실화(Misfire)이며 미연소 HC가 대량으로 배출된다. 탄소(C)와 수소(H)로 되어있는 화합물을 총칭해서 탄화수소라 한다. 탄화수소는 배기가스뿐만 아니라 블로바이 가스나 연료 증발 가스 속에도 포함되어 있으며, 저 농도에서는 호흡기에 자극을 줄 정도이지만 산화되면 알데히드류로 되어 점막이나 눈을 강하게 자극하게 된다 [27].

3. NOx의 발생 및 영향

NOx의 발생은 혼합기 속의 공기에 함유된 질소(N_2)와 산소(O_2)가 연소실 안에서 고온, 고압의 화염 속을 통과할 때 화합하여 생기며, 이것은 혼합비가 15:1 부근에서 가장 많이 발생하고 이보다 짙어지거나 옅어져도 그 발생량은 감소한다. NOx의 발생은 완전 연소에 가까울수록 증대하고, 반대로 CO가 증가하는 불완전 연소에 가까울수록 감소한다. 질소산화물은 NO, NO_2, N_2O등의 여러 가지 화합물이 있기 때문에 총칭하여 NOx라 부른다. 질소는 공기의 약 77%를 차지하며 안정된 원소로 간단히 산화하지 않으나 연소실 안의 고온, 고압에서 공기와 접촉, 산화하여 질소화합물이 된다. 이것은 눈에 자극을 주고 폐의 기능에 장해를 일으킴과 동시에 광화학 스모그의 원인이 된다. 자동차 배기가스 속에 있는 질소화합물의 95%가 NO이고, NO2는 3～4% 정도이다 [27].

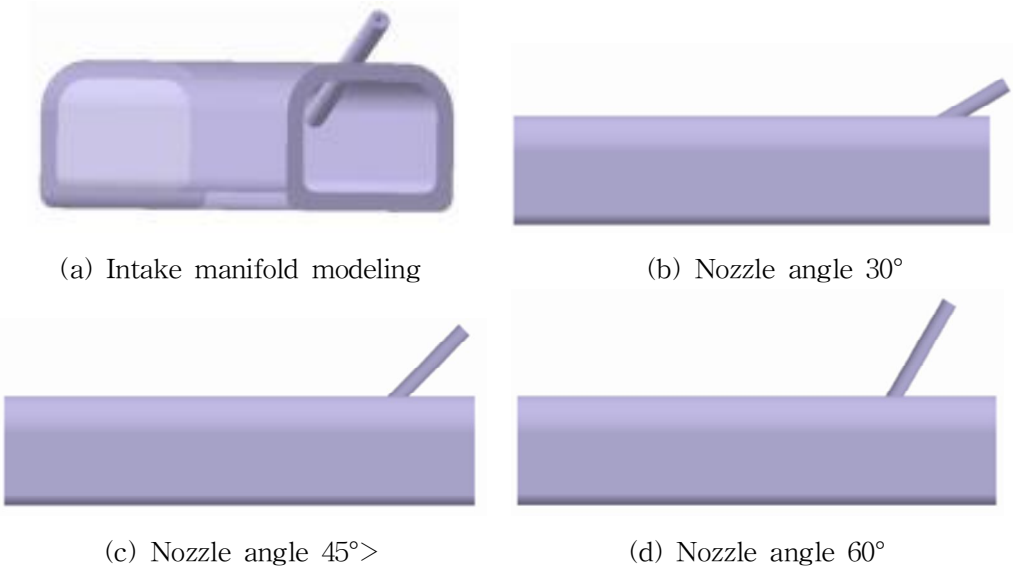
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3장 흡기 매니폴드 모델링 및 해석 방법

제 1 절 흡기 매니폴드 모델링

흡기 매니폴드의 유동 성능을 향상시키기 위하여 노즐을 적용하였으며, 이를 위해 3D 설계 모델링 프로그림인 CATIA V5 R20을 이용하여 40 mm×31 mm×180 mm의 2000 cc 자동차용 흡기 매니폴드를 설계하였다. 또한, 노즐의 직경 Φ5와 Φ2.5를 30°, 45°, 60° 의 각도로 적용한 흡기 매니폴드를 설계하였으며, 이를 Fig. 2에 나타내었다. 노즐을 적용한 흡기 매니폴드 내부에 흐르는 유체의 유동장을 추출하여 유동해석을 수행하였다.



(a) Intake manifold modeling (b) Nozzle angle 30°

(c) Nozzle angle 45°> (d) Nozzle angle 60°

Fig. 2 Modeling of intake manifold using nozzles

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 절 흡기 매니폴드 해석 방법

본 해석에 사용된 흡기 매니폴드는 2000 cc의 가솔린 차량을 기반으로 설계하였으며, 차량 주행시 엔진 회전수가 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm 일 때, 자동차가 달리는 속도를 기반으로 40 km/h, 60 km/h, 80 km/h, 100 km/h, 120 km/h에 대한 차량 전면 속도를 노즐 입구에 적용하였다. 또한, 다양한 조건에서 노즐의 영향을 확인하기 위하여 노즐의 각도를 30°, 45°, 60° 로 변화시키면서 유동해석을 수행하였으며, 본 연구에서 적용한 해석 조건은 Table 1에 나타내었다.

흡기 매니폴드 내부의 속도에 미치는 영향성에 대한 수치해석을 진행하기 위해 정상상태에서 비압축성 유체의 난류 유동을 바탕으로 k-ε 난류 모델을 적용하였으며, 운동량 방정식과 에너지 보존 방정식을 이용하여 해석을 진행하였다. 해석에 적용된 각각의 수식은 식(1-4)와 같이 표현할 수 있다. 해석에 이용된 모델을 구성하는 Mesh와 Node의 수는 약 350,230로 이루어져 있으며 ANSYS 해석은 모델을 구성하는 Mesh 품질에 의해 해석의 정확성에 큰 영향을 준다. Skewness는 0.25 이하, Orthogonal quality는 0.85 이상으로 높은 Mesh 품질의 보장할 수 있는 조건에서 해석을 수행하였으며, 흡기 매니폴드 내부의 속도의 영향 및 난류 운동 에너지(Turbulent kinetic energy, TKE)의 영향을 확인하였다. 난류 운동 에너지는 난류 유동이 발생하는 유동 시스템에서 난류 강도를 측정하기 위해 사용되는 기본적인 물성치이며, 식(5)와 같이 표현된다.

Table 1 Analysis conditions of intake manifold

Item	value
Working fluid	Ideal gas(air)
Nozzle diameter (mm)	2.5, 5
Nozzle angle (°)	30, 45, 60
Nozzle inlet velocity (km/h)	40, 60, 80, 100, 120
Engine speed (rpm)	2000, 3000, 4000

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

-연속방정식(Continuity equation)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho U) = 0 \tag{1}$$

-운동방정식(Momentum equation)

$$\frac{\partial(\rho U)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho U \otimes U) = -\nabla p + \nabla \tau + S_M \tag{2}$$

여기서 τ는 응력텐서(Stress tensor)이며 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$\tau = \mu\left(\nabla U + (\nabla U)^T - \frac{2}{3}\delta \nabla \cdot U\right) \tag{3}$$

-에너지 방정식 (Energy equation)

$$\begin{aligned} &\frac{\partial(\rho h_{tot})}{\partial t} - \frac{\partial p}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho U h_{tot}) \\ &= \nabla \cdot (\lambda \cdot \nabla T) + \nabla \cdot (U \cdot \tau) + U \cdot S_M + S_E \end{aligned} \tag{4}$$

-난류 운동 에너지 (Turbulent Kinetic energy, TKE)

$$\begin{aligned} &\rho\frac{\alpha K}{\alpha t} + \rho U\frac{\alpha K}{\alpha x} + \rho V\frac{\alpha K}{\alpha y} + \rho W\frac{\alpha K}{\alpha z} \\ &= \frac{\alpha}{\alpha x}\left[\left(\frac{\mu_t}{\sigma_K}\right)\frac{\alpha K}{\alpha x}\right] + \frac{\alpha}{\alpha y}\left[\left(\frac{\mu_t}{\sigma_K}\right)\frac{\alpha K}{\alpha y}\right] + \frac{\alpha}{\alpha z}\left[\left(\frac{\mu_t}{\sigma_K}\right)\frac{\alpha K}{\alpha z}\right] - \rho\varepsilon \\ &+ \mu_t\left[2\left(\frac{\alpha U}{\alpha x}\right)^2 + 2\left(\frac{\alpha V}{\alpha y}\right)^2 + 2\left(\frac{\alpha W}{\alpha z}\right)^2 + \left(\frac{\alpha U}{\alpha y} + \frac{\alpha V}{\alpha x}\right)^2 + \left(\frac{\alpha U}{\alpha z} + \frac{\alpha W}{\alpha x}\right)^2 + \left(\frac{\alpha V}{\alpha z} + \frac{\alpha W}{\alpha y}\right)^2\right] \end{aligned} \tag{5}$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4장 실험장치 및 방법

제 1 절 노즐을 적용한 흡기 매니폴드 장치 제작

본 연구에서는 주행거리 3만 km와 18만 km의 노후된 2000 cc 가솔린 차량의 엔진을 사용하였으며, Φ2.5와 Φ5의 노즐 직경을 흡기 매니폴드에 적용하였다.

Fig. 3에 제작된 노즐을 적용한 흡기 매니폴드 사진을 나타내었으며, 그림에서와 같이 흡기 매니폴드 흡기 라인에 노즐을 삽입하였다. 또한, 주행 시의 차량 전면 속도(40 km/h, 60 km/h, 80 km/h, 100 km/h)를 노즐에 적용하기 위하여 압력 레귤레이터로 압력을 조정하여 속도를 제어하였다.

(a) Φ2.5 nozzle

(b) Φ5 nozzle

(c) Intake manifold using Φ2.5 nozzle

(d) Intake manifold using Φ5 nozzle

Fig. 3 Photographs of manufactured nozzles & mounted on intake manifold

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 절 배출가스 성분 측정 실험 장치

1. 엔진 시뮬레이터

노즐 적용의 유무가 차량의 배출가스(HC, CO, NOx)에 미치는 영향을 분석하기 위하여 무부하 엔진 시뮬레이션 시스템에서 엔진 회전수 변화에 따른 배출가스를 측정하였다. Fig. 4에 무부하 엔진 시뮬레이션 시스템의 사진을 나타내었으며, Table 2에 본 연구에서 사용된 차량의 가솔린 엔진 제원을 나타내었다.

Fig. 4 Photograph of engine simulator system

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 2. Specification of gasoline engines

Item	30,000 km engine	180,000 km engine
Model	Series DOHC Theta2	Series DOHC Theta2
Displacement (cc)	1,998	1998
Number of cylinder	4	4
Cam shaft type	DOHC (4 Valve)	DOHC (4 Valve)
Compression ratio	10.5±0.3 : 1	10.5±0.3 : 1
Inside diameter (mm)	86	86
Stroke (mm)	86	86
Idle (rpm)	700±100	700±100
Steps of ignition	1-3-4-2	1-3-4-2
Ignition time	BTDC 6° ±5°	BTDC 7° ±5°

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 배출가스 측정 장치

배출가스 성분을 측정하기 위하여 QROTECH 사의 QRO-401 제품의 장비를 사용하였다. QRO-401은 비분산적외선 방식을 및 CO, HC, CO2 Non Dispersive InfraRed(비분산적외선) 방식을, O2 및 NOx 는 Electrochemical(전기화학) 방식을 적용하여 측정할 수 있도록 구성되어 있다. Fig. 5에 본 연구에서 사용한 QRO-401 배출가스 측정 장비의 사진을 나타내었으며, Table 3에 배출가스 측정 장비의 상세 사양을 나타내었다.

NDIR분석법은 가스가 통과하는 샘플-셀의 한 쪽 끝에 적외선을 발광시키는 발광램프를 부착하고, 한 쪽 끝에 감지센서를 부착하여 샘플-셀을 통과하는 가스 성분을 감지한 후, CPU에 의하여 가스 농도를 환산하여 분석하며, NDIR에 대한 원리도를 Fig. 6에 나타내었다. 전기화학방식은 가스의 산화/환원 반응 시 발생하는 전자의 양으로 그 농도를 측정하는 것이며 [28], Fig. 7에 전기화학 방식의 원리도를 나타내었다.

Fig. 5 Photograph of emission measure equipment-QRO-401

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 3. Specification of emission measure equipments

Description		Specification
Model		QRO-401
Range	CO	0.00～9.99% vol
	HC	0.00～9,999 ppm
	NOx	0.00～5,000 ppm
	CO_2	0.00～25.00% vol
Accuracy	CO	±0.01% vol
	HC	±1 ppm
	NOx	±1 ppm
	CO_2	±0.1%vol
Method of measurement	CO/HC	Non-dispersive infrared rays
Response		90% response with in 10 sec

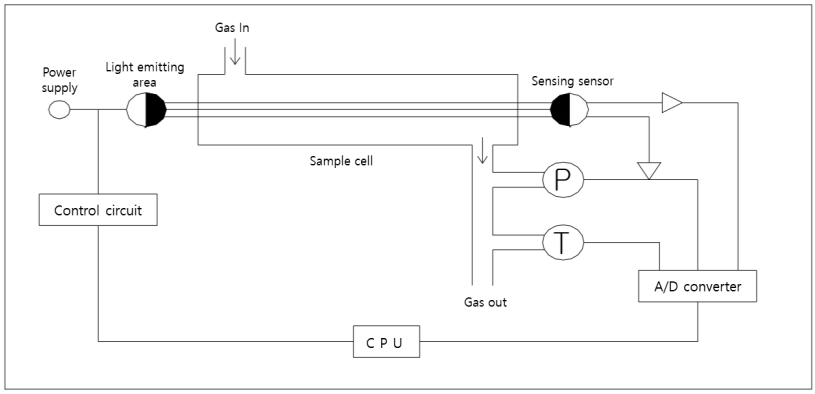


Fig. 6 NDIR Principle

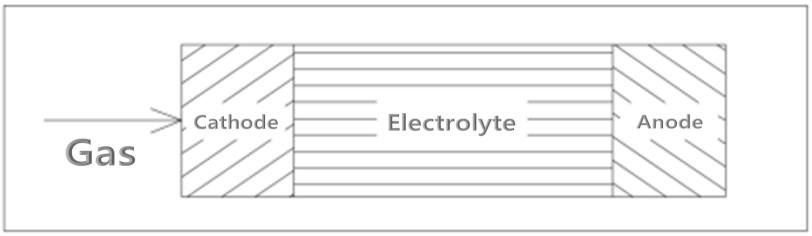


Fig. 7 Principle of electrochemical method

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 절 자동차 엔진 성능 측정 장비

본 연구에서는 노즐의 적용이 자동차의 출력에도 어떠한 영향을 미치는지 확인하기 위하여 섀시다이나모 메타로 엔진의 성능을 측정하였다. Fig. 8에 섀시다이나모 메타의 실험사진을 나타내었으며, Table 4에 섀시다이나모 메타의 상세사항을 나타내었다.

섀시다이나모 메타는 자동차의 바퀴에 일정 힘을 가하여 실제 도로의 자동차의 감속 조건을 재현함으로서 실내에서 자동차를 균일한 조건하에서 실험할 수 있게 만든 장치이다. 주로 법규관련 연비 측정 실험이나 배기가스 측정에는 Chassis dynamo Single-Roll, Cradle-Roll (twin-roll), In-line, MIM 등으로 구성되어 있다. 차대동력계의 장비는 차량 바퀴에 직접 접촉하는 Roller부분과 AC모터가 존재하고 AC 모터를 구동하기 위한 Power control field(캐비닛)가 있다. 컴퓨터를 이용하여 정해진 값을 입력하여 AC 모터의 동작을 제어 할 수 있고 각종 센서를 이용하여 실험 상태를 모니터링 할 수 있다.

Table 4. Specifications of the chassis dynamometer (CCD HD, ASM-P)

Description	Specification	
Lifter	Structure	Integral type
	Operation method	Pneumatic type
	Pressure air	6 ~ 10 bar
Roller set	Maximum speed	200 km/h
	Roller Diameter	217.5 mm
	Roller surface	Powder coating
General term	Operational voltage	220V or 380V 50/60 Hz
	Operational current	16A
	Allowable load	5,500 kg
	Maximum power	500 PS

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig 8. Photograph of chassis dynamo measurement equipment

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4 절 실험방법 및 조건

본 연구에서는 2000 cc의 주행거리 3만 km의 차량과 18만 km의 노후된 가솔린 차량의 엔진을 사용하였으며, 유동해석 결과에서 가장 좋은 유속의 결과를 나타낸 노즐의 각도를 기반으로 Φ2.5와 Φ5의 노즐 직경을 흡기 매니폴드에 적용하였다. 먼저, 노즐의 적용이 자동차 엔진의 배출가스에 영향을 미치는지 확인을 하기 위하여 무부하 엔진 시뮬레이션 시스템에서 엔진 회전수를 변화시키면서 엔진에서 배출되는 배기가스를 확인하였으며, Table 5에 무부하에서의 실험조건을 나타내었다. 이후에 주행거리 3만 km와 18만 km의 가솔린 차량으로 섀시다이나모 메타 시스템에서 노즐의 적용에 따른 엔진 출력을 측정하였다. 또한, 차대동력계에서 실제 자동차 배출가스 검사 방법인 ASM2525 모드로 자동차에서 배출되는 배기가스를 측정하였으며, Table 6에 ASM2525 모드의 조건을 나타내었다.

ASM2525 모드 측정 방법(차량 중량이 5.5톤 이하인 가솔린 차량)은 다음과 같으며, Fig. 9에 가솔린 및 가스 차량 배기가스 테스트 방법(ASM2525)을 나타내었다

1) 측정대상 자동차의 상태가 정상으로 확인되면 차대동력계에서 25%의 도로부하로 40㎞/h의 속도로 주행하고 있는 상태(40㎞/h의 속도에 적합한 변속기어(자동변속기는 드라이브 위치)를 선택한다)에서 검사모드 시작 25초 경과이후 모드가 안정된 구간에서 10초 동안의 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물 등을 측정하여 그 산술평균값을 최종측정치로 한다.
2) 일산화탄소는 소수점 둘째자리 이하는 버리고 0.1%단위로, 탄화수소와 질소산화물은 소수점 첫째자리 이하는 버리고 1ppm단위로 최종측정치를 읽고 기록한다.
3) 차대동력계에서의 배출가스 시험 중량은 차량중량에 136kg을 더한 수치로 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

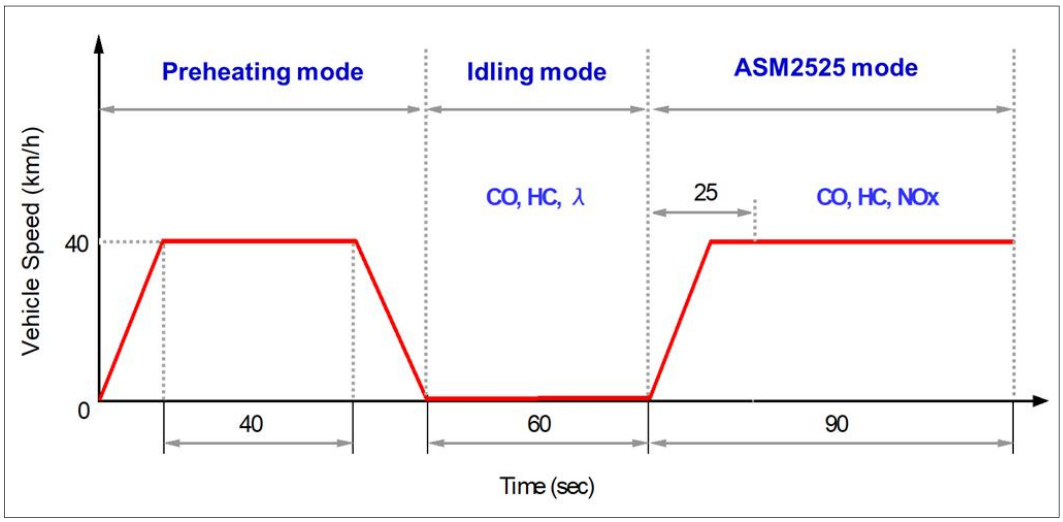


Fig 9. Gasoline and gas vehicle exhaust gas test method(ASM2525)

Table 5 Non-load test conditions

Item	value
Nozzle diameter (mm)	2.5, 5
Nozzle angle (°)	30
Nozzle inlet velocity (km/h)	40, 60, 80, 100
Engine speed (rpm)	2000, 3000, 4000

Table 6 Load test conditions

Item	value
Nozzle diameter (mm)	2.5, 5
Nozzle angle (°)	30
Nozzle inlet velocity (km/h)	40, 60, 80, 100
Measurement exhaust gas	HC, CO, NOx

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 5장 결과 및 고찰

제 1 절 Φ5 노즐의 각도 변화에 따른 유동해석

1. 2000 rpm 해석 결과

본 연구에서는 노즐의 적용이 흡기 매니폴드 내부에 미치는 영향을 알아보기 위하여 다양한 조건에서 해석을 진행하였으며, Fig. 10과 Table 7에 엔진 회전수가 2000 rpm일 때, 직경 Φ5 노즐의 입구 속도 및 각도(30°, 45°, 60°) 변화에 따른 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도를 나타내었다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드 내부의 속도는 22.03 m/s이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60° 에 대한 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 각각 42.38 m/s, 42.34 m/s, 40.04 m/s로 나타났다. 엔진 회전수가 2000 rpm일 때, 모든 노즐의 입구 속도변화에 대하여 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 30° 의 노즐 각도에서 확인되었다. 공기의 최고 유속은 노즐에서 유입되는 외기와 흡기 매니폴드 내부에서 유동하는 공기와 혼합되는 부분에서 발생되었으며, 노즐의 각도가 증가할수록 흡기 매니폴드 내부의 최고 유속은 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 외기로 도입되는 노즐의 각도가 커질수록 흡기 매니폴드 내부에서 유동되는 공기와 교차로 혼합되어 유속이 감소되기 때문으로 사료된다.

노즐을 적용한 흡기 매니폴드 내부에서 발생되는 난류의 영향을 확인하기 위하여 난류 운동에너지에 대한 분석을 수행하였으며, 그 결과를 Fig. 11과 Table 8에 나타내었다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드의 난류 운동에너지는 2.26 m^2/s^2이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60° 에 대한 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지는 각각 75.19 m^2/s^2, 99.54 m^2/s^2, 128.16 m^2/s^2로 나타났다. 엔진 회전수가 2000 rpm일 때, 모든 노즐의 입구 속도변화에 대하여 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지는 60° 의 노즐 각도에서 가장 크게 나타났다. 노즐의 각도가 증가할수록 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지는 증가하는 경

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

향을 나타내었는데, 이는 외기로 도입되는 노즐이 각도가 커질수록 흡기 매니폴드 내부에서 유동되는 공기와 교차로 혼합될 때 급격한 유동 변화에 대한 영향으로 판단된다.

엔진에서 연소 후 배출되는 배출가스는 흡기 매니폴드의 출구에서의 공기가 큰 영향을 미친다. 따라서 노즐을 적용한 흡기 매니폴드 출구에서의 공기 속도를 확인하였으며, 그 결과를 Fig. 12와 Table 9에 나타내었다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드 출구에서의 속도는 22.03 m/s이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60°에 대한 흡기 매니폴드 출구의 최고 공기 속도는 각각 25.3 m/s, 24.95 m/s, 24.87 m/s로 나타났다.

2000 rpm에서 노즐의 입구 속도에 대한 최적의 노즐의 각도는 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도와 출구측 최고 공기 속도가 가장 높게 나타난 30° 임을 확인하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

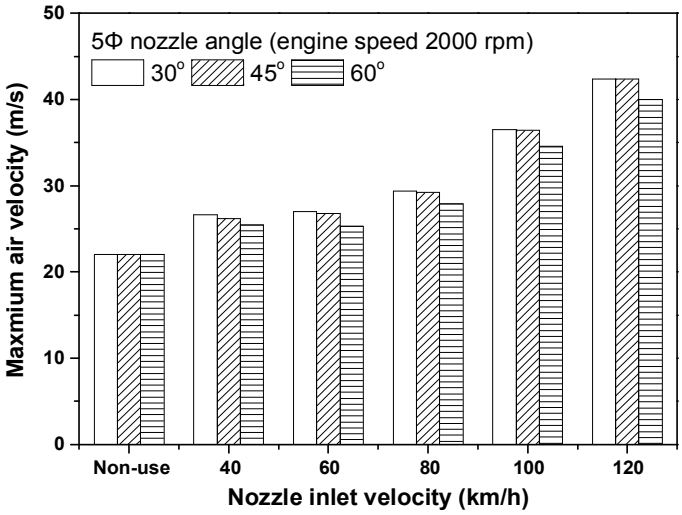


Fig. 10 Maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Table 7 Maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	22.0333 m/s	22.0333 m/s	22.0333 m/s
40	24.8641 m/s	24.6312 m/s	24.5894 m/s
60	24.9885 m/s	24.7845 m/s	24.6862 m/s
80	25.0997 m/s	24.8577 m/s	24.7641 m/s
100	25.2388 m/s	24.9142 m/s	24.8224 m/s
120	25.2956 m/s	24.9492 m/s	24.8718 m/s

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

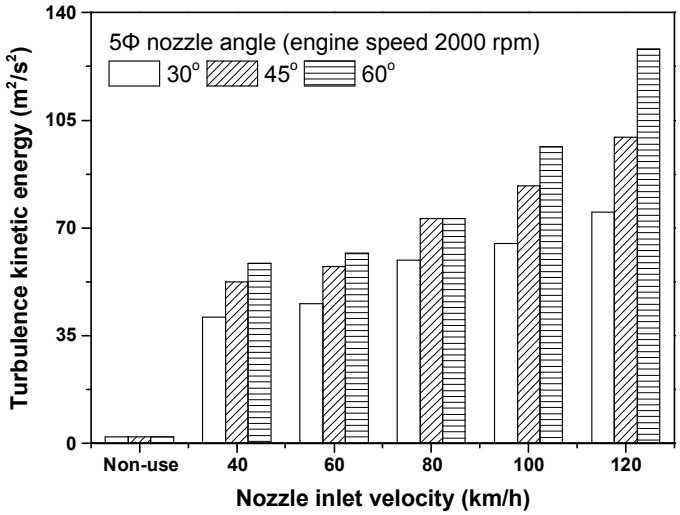


Fig. 11 Turbulence kinetic energy according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Table 8 Turbulence kinetic energy data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	2.25949 m^2/s^2	2.25949 m^2/s^2	2.25949 m^2/s^2
40	41.0848 m^2/s^2	52.5911 m^2/s^2	58.551 m^2/s^2
60	45.4865 m^2/s^2	57.5317 m^2/s^2	61.8358 m^2/s^2
80	59.5993 m^2/s^2	73.0408 m^2/s^2	73.1427 m^2/s^2
100	64.9858 m^2/s^2	83.7308 m^2/s^2	96.4216 m^2/s^2
120	75.1896 m^2/s^2	99.5411 m^2/s^2	128.159 m^2/s^2

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

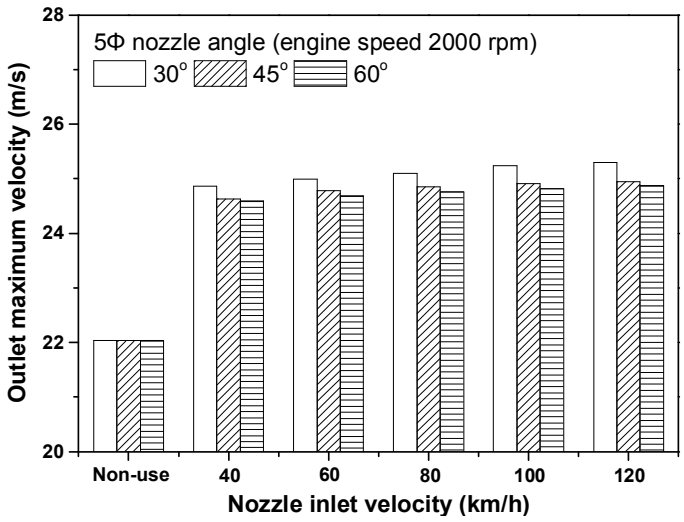


Fig. 12 Outlet maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Table 9 Outlet maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	22.0333 m/s	22.0333 m/s	22.0333 m/s
40	22.2179 m/s	22.2147 m/s	22.2163 m/s
60	22.3178 m/s	22.314 m/s	22.3183 m/s
80	22.4019 m/s	22.3979 m/s	22.3962 m/s
100	22.504 m/s	22.4997 m/s	22.4967 m/s
120	22.5902 m/s	22.5866 m/s	22.5815 m/s

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 3000 rpm 해석 결과

Fig. 13과 Table 10은 엔진 회전수가 3000 rpm일 때, 직경 Φ5 노즐의 입구 속도 및 각도(30°, 45°, 60°) 변화에 따른 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드 내부의 속도는 46.7 m/s이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60°에 대한 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 각각 57.25 m/s, 57.19 m/s, 53.38 m/s로 나타났다. 엔진 회전수가 3000 rpm일 때, 모든 노즐의 입구 속도변화에 대하여 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 30°의 노즐 각도에서 확인되었다. 이것은 엔진 회전수가 2000 rpm에서의 해석 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 노즐의 입구 속도가 증가함에 따라 30°와 45°의 노즐 각도에서 최고 공기 속도는 증가하였으나, 60°의 노즐 각도에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 60° 이상의 노즐 각도는 각도가 커질수록 교차로 외기의 공기가 유입되며, 이러한 교차되는 공기의 유입이 흡기 매니폴드 내부의 공기 유동을 방해하기 때문으로 사료된다.

노즐의 각도 및 입구 속도에 따른 흡기 매니폴드 내부에서 발생되는 난류의 영향을 확인하기 위하여 난류 운동에너지에 대한 분석을 수행하였으며, 그 결과를 Fig. 14와 Table 11에 나타내었다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드의 난류 운동에너지는 4.67 m^2/s^2이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60°에 대한 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지는 각각 219.42 m^2/s^2, 246.45 m^2/s^2, 289.98 m^2/s^2로 나타났다. 엔진 회전수가 3000 rpm일 때, 모든 노즐의 입구 속도변화에 대하여 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지는 60°의 노즐 각도에서 가장 크게 나타났다. 이는 노즐을 통해 도입되는 외기와 흡기 매니폴드 내부에서 유동되는 공기가 교차되며 혼합되는데, 노즐의 각도가 증가수록 흡기 매니폴드 내부의 공기와 간섭이 커지기 때문에 난류 운동에너지가 증가한 것으로 사료된다.

Fig. 15와 Table 12는 엔진 회전수가 3000 rpm일 때, 직경 Φ5 노즐의 입구 속도 및 각도(30°, 45°, 60°) 변화에 따른 흡기 매니폴드 출구에서의 최고 공기의 속도를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드 출구에서의 속도는 46.7 m/s이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60°에 대한

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

흡기 매니폴드 출구의 최고 공기 속도는 각각 51.38 m/s, 50.82 m/s, 50.76 m/s로 나타났다.

3000 rpm에서 노즐의 입구 속도에 대한 최적의 노즐의 각도는 2000 rpm에서와 마찬가지로 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도와 출구측 최고 공기 속도가 가장 높게 나타난 노즐의 각도 30° 임을 확인하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

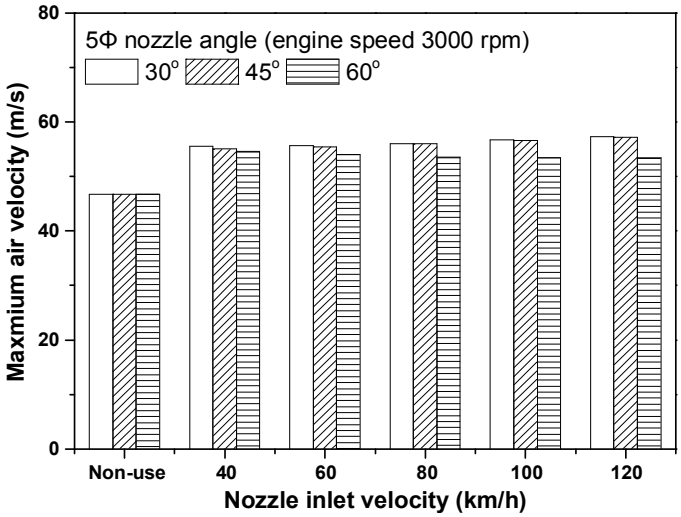


Fig. 13 Maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Table 10 Maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	46.7026 m/s	46.7026 m/s	46.7026 m/s
40	55.4964 m/s	55.0224 m/s	54.5352 m/s
60	55.6904 m/s	55.4611 m/s	54.0257 m/s
80	56.0398 m/s	55.9683 m/s	53.5033 m/s
100	56.6695 m/s	56.6058 m/s	53.4122 m/s
120	57.2522 m/s	57.1928 m/s	53.3812 m/s

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

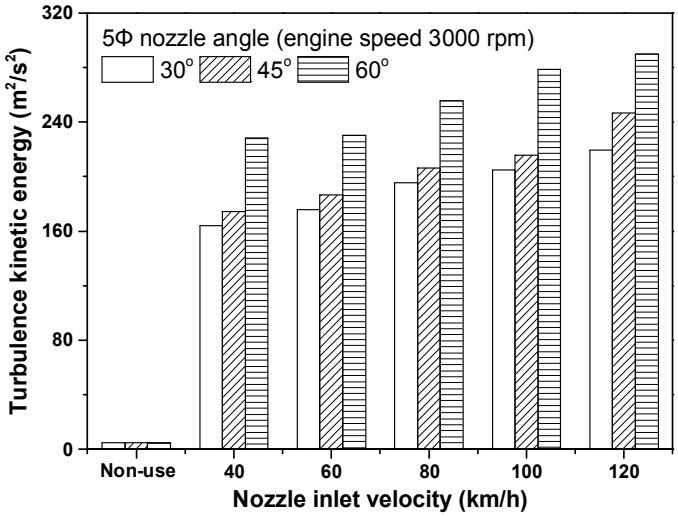


Fig. 14 Turbulence kinetic energy according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Table 11 Turbulence kinetic energy data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	4.66949 m^2/s^2	4.66949 m^2/s^2	4.66949 m^2/s^2
40	164.059 m^2/s^2	174.349 m^2/s^2	228.324 m^2/s^2
60	175.968 m^2/s^2	186.313 m^2/s^2	230.216 m^2/s^2
80	195.405 m^2/s^2	206.491 m^2/s^2	255.811 m^2/s^2
100	205.082 m^2/s^2	215.771 m^2/s^2	278.734 m^2/s^2
120	219.42 m^2/s^2	246.446 m^2/s^2	289.981 m^2/s^2

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

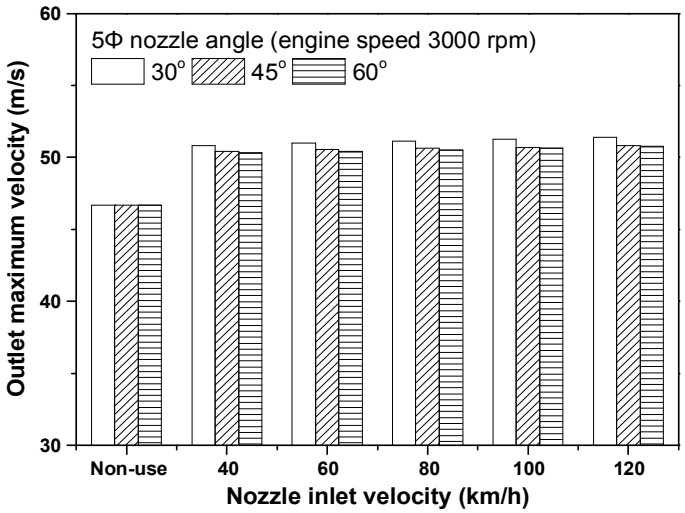


Fig. 15 Outlet maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Table 12 Outlet maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	46.7026 m/s	46.7026 m/s	46.7026 m/s
40	50.844 m/s	50.4352 m/s	50.3209 m/s
60	50.9983 m/s	50.5318 m/s	50.4124 m/s
80	51.137 m/s	50.621 m/s	50.5282 m/s
100	51.2827 m/s	50.7053 m/s	50.6614 m/s
120	51.3778 m/s	50.8213 m/s	50.7577 m/s

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 4000 rpm 해석 결과

Fig. 16과 Table 13은 엔진 회전수가 4000 rpm일 때, 직경 Φ5 노즐의 입구 속도 및 각도(30°, 45°, 60°) 변화에 따른 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드 내부의 속도는 70.2 m/s이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60°에 대한 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 각각 84.65 m/s, 84.4 m/s, 82.09 m/s로 나타났다. 엔진 회전수가 4000 rpm일 때, 모든 노즐의 입구 속도변화에 대하여 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 30°의 노즐 각도에서 확인되었다.

Fig. 17과 Table 14는 노즐의 각도 및 입구 속도에 따른 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지 변화를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드의 난류 운동에너지는 8.66 m^2/s^2이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60°에 대한 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지는 각각 536.36 mm^2/s^2, 572.92 mm^2/s^2, 635.37 m^2/s^2로 나타났다. 엔진 회전수가 4000 rpm일 때, 모든 노즐의 입구 속도변화에 대하여 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지는 60°의 노즐 각도에서 가장 크게 나타났다.

Fig. 18과 Table 15는 엔진 회전수가 4000 rpm일 때, 직경 Φ5 노즐의 입구 속도 및 각도(30°, 45°, 60°) 변화에 따른 흡기 매니폴드 출구에서의 최고 공기의 속도를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드 출구에서의 속도는 70.2 m/s이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60°에 대한 흡기 매니폴드 출구의 최고 공기 속도는 각각 76.51 m/s, 75.88 m/s, 75.8 m/s로 나타났다.

4000 rpm에서 노즐의 입구 속도에 대한 흡기 매니폴드 출구에서의 최고속도는 30°의 노즐 각도에서 나타났다. 모든 엔진 회전수에 대한 노즐의 입구 속도 변화에 따른 흡기 매니폴드 내부와 출구에서의 최고 공기 속도는 30°의 노즐 각도에서 나타났다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

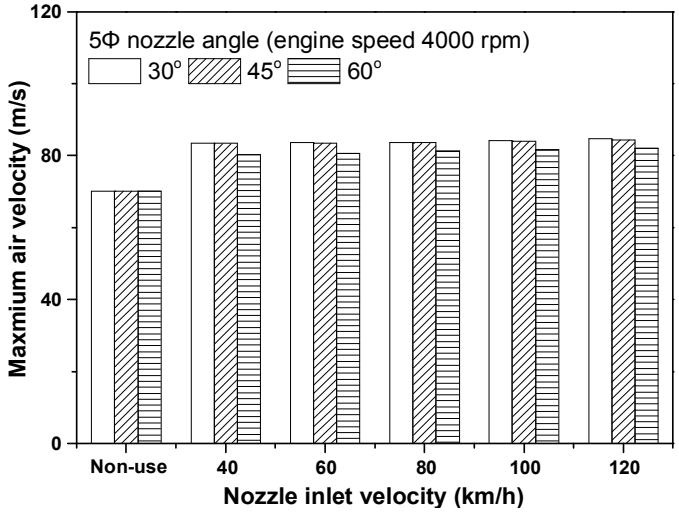


Fig. 16 Maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Table 13 Maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	70.1959 m/s	70.1959 m/s	70.1959 m/s
40	83.4976 m/s	83.4123 m/s	80.2406 m/s
60	83.6029 m/s	83.4763 m/s	80.7195 m/s
80	83.6711 m/s	83.6331 m/s	81.2998 m/s
100	84.1619 m/s	84.0002 m/s	81.6587 m/s
120	84.6549 m/s	84.3992 m/s	82.0871 m/s

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

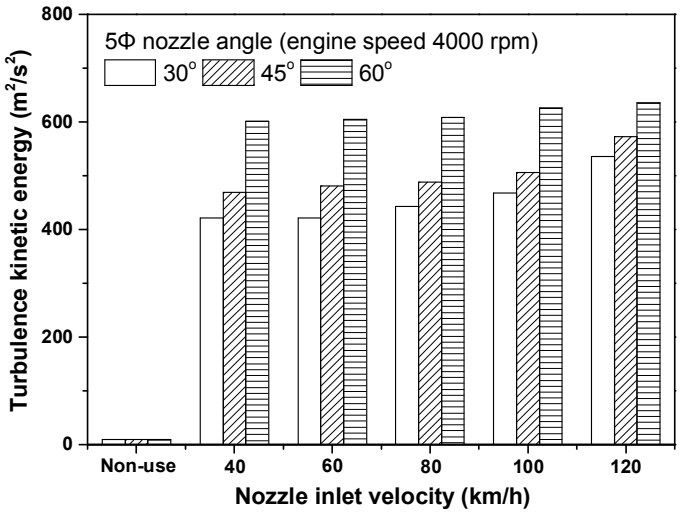


Fig. 17 Turbulence kinetic energy according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Table 14 Turbulence kinetic energy data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	8.65949 m^2/s^2	8.65949 m^2/s^2	8.65949 m^2/s^2
40	421.007 m^2/s^2	468.633 m^2/s^2	601.554 m^2/s^2
60	421.341 m^2/s^2	480.822 m^2/s^2	604.729 m^2/s^2
80	443.106 m^2/s^2	488.206 m^2/s^2	608.811 m^2/s^2
100	468.233 m^2/s^2	505.508 m^2/s^2	625.613 m^2/s^2
120	536.36 m^2/s^2	572.918 m^2/s^2	635.367 m^2/s^2

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

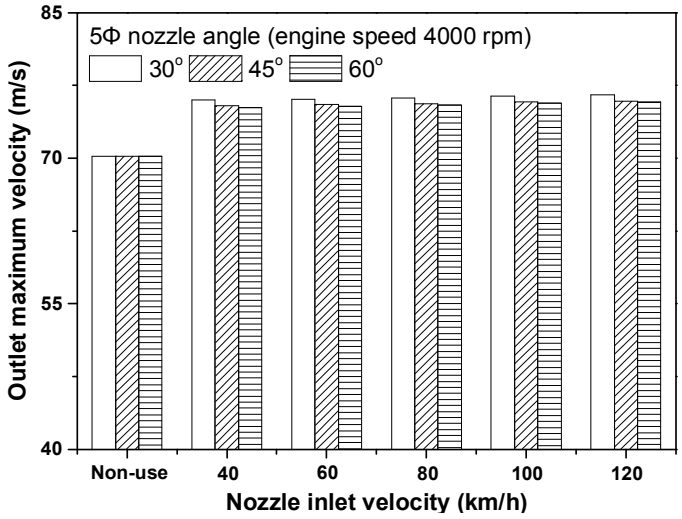


Fig. 18 Outlet maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Table 15 Outlet maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter 5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	70.1959 m/s	70.1959 m/s	70.1959 m/s
40	76.0374 m/s	75.386 m/s	75.2128 m/s
60	76.0545 m/s	75.5229 m/s	75.3694 m/s
80	76.2007 m/s	75.6418 m/s	75.4864 m/s
100	76.3878 m/s	75.7805 m/s	75.7 m/s
120	76.5114 m/s	75.8822 m/s	75.8 m/s

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 절 Φ2.5 노즐의 각도 변화에 따른 유동해석

1. 2000 rpm 해석 결과

Fig. 19와 Table 16은 엔진 회전수가 2000 rpm일 때, 직경 Φ2.5 노즐의 입구 속도 및 각도(30°, 45°, 60°) 변화에 따른 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드 내부의 속도는 22.03 m/s이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60°에 대한 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 각각 45.6 m/s, 45.55 m/s, 45.42 m/s로 나타났다. 엔진 회전수가 2000 rpm일 때, 모든 노즐의 입구 속도변화에 대하여 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 30°의 노즐 각도에서 확인되었다. 공기의 최고 유속은 노즐에서 유입되는 외기와 흡기 매니폴드 내부에서 유동하는 공기와 혼합되는 부분에서 발생되었다. 노즐 각도가 증가함에 따라 흡기 매니폴드 내부의 최고 유속의 증가율은 감소하는 경향을 나타내었으나, 그 영향은 크지 않았다. 이는 엔진 회전수가 낮은 2000 rpm에서는 노즐의 각도 변화에 따른 흡기 매니폴드 내부의 유동 영향에 큰 영향을 미치지 않았기 때문으로 사료된다.

Fig. 20과 Table 17은 엔진 회전수가 2000 rpm일 때, 직경 Φ2.5 노즐의 입구 속도 및 각도(30°, 45°, 60°) 변화에 따른 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드의 난류 운동에너지는 2.26 m^2/s^2이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60°에 대한 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지는 각각 75.45 m^2/s^2, 113.01 m^2/s^2, 152.57 m^2/s^2로 나타났다. 엔진 회전수가 2000 rpm일 때, 모든 노즐의 입구 속도변화에 대하여 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지는 60°의 노즐 각도에서 가장 크게 나타났다. 또한, 노즐의 입구 속도가 증가할수록 난류 운동에너지는 급격히 증가하였으며, 이는 노즐을 통과하면서 공기의 속도가 증가되고 증가된 공기의 속도가 흡기 매니폴드 내부를 유동하는 공기와 혼합되면서 발생되는 현상으로 사료된다.

엔진에서 연소 후 배출되는 배출가스는 흡기 매니폴드의 출구에서의 공기가 큰 영향을 미친다. 따라서 직경 Φ2.5의 노즐을 적용한 흡기 매니폴드 출구에서의 공

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

기 속도를 확인하였으며, 그 결과를 Fig. 21과 Table 18에 나타내었다.

노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드 출구에서의 속도는 22. 03 m/s이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60° 에 대한 흡기 매니폴드 출구의 최고 공기 속도는 각각 25.53 m/s, 25.45 m/s, 25.41 m/s로 나타났다.

2000 rpm에서 노즐의 입구 속도에 대한 최적의 노즐의 각도는 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도와 출구측 최고 공기 속도가 가장 높게 나타난 30° 임을 확인하였으며, 이것은 직경 Φ5의 노즐을 적용한 결과와 일치하는 경향을 나타내었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

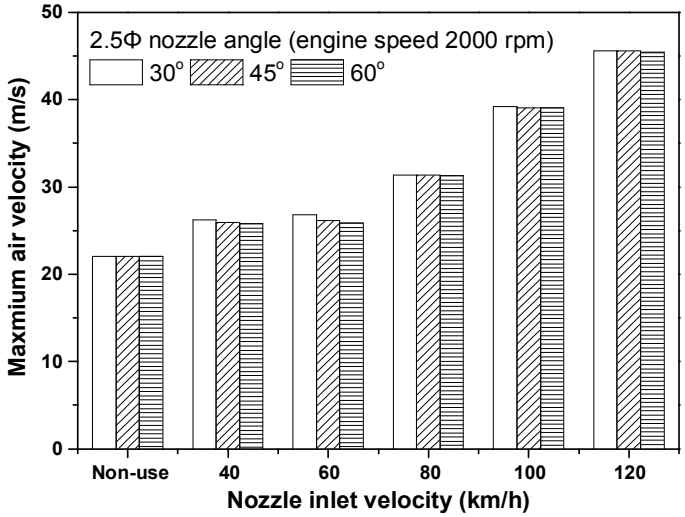


Fig. 19 Maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Table 16 Maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	22.0333 m/s	22.0333 m/s	22.0333 m/s
40	26.2037 m/s	25.914 m/s	25.8086 m/s
60	26.7801 m/s	26.1597 m/s	25.8677 m/s
80	31.3383 m/s	31.3314 m/s	31.3087 m/s
100	39.178 m/s	39.0816 m/s	39.0699 m/s
120	45.5971 m/s	45.5518 m/s	45.422 m/s

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

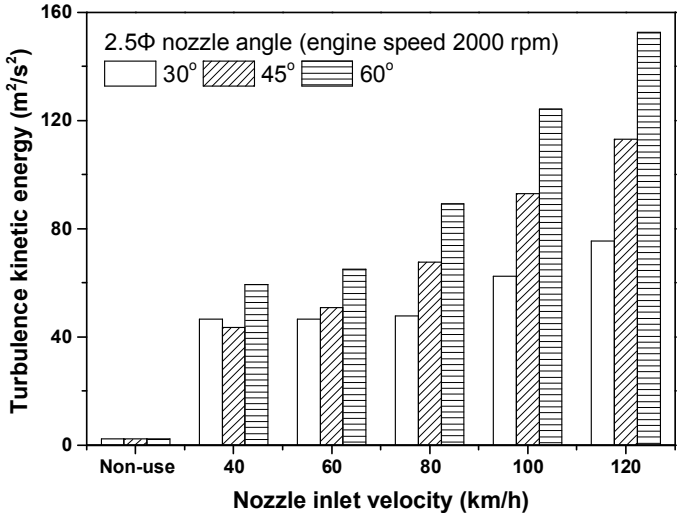


Fig. 20 Turbulence kinetic energy according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Table 17 Turbulence kinetic energy data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	2.25949 m^2/s^2	2.25949 m^2/s^2	2.25949 m^2/s^2
40	46.4922 m^2/s^2	43.4291 m^2/s^2	59.3681 m^2/s^2
60	46.562 m^2/s^2	50.9338 m^2/s^2	64.9955 m^2/s^2
80	47.7213 m^2/s^2	67.7177 m^2/s^2	89.2776 m^2/s^2
100	62.4141 m^2/s^2	92.8762 m^2/s^2	124.178 m^2/s^2
120	75.4468 m^2/s^2	113.009 m^2/s^2	152.572 m^2/s^2

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

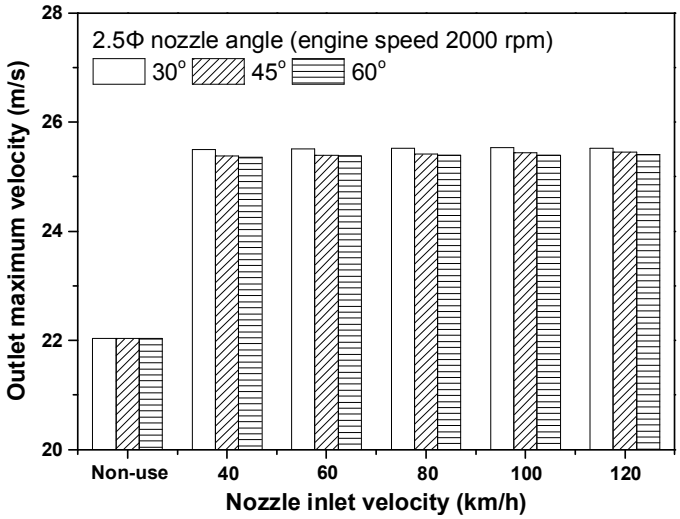


Fig. 21 Outlet maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Table 18 Outlet maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 2000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	22.0333 m/s	22.0333 m/s	22.0333 m/s
40	25.4921 m/s	25.3795 m/s	25.3542 m/s
60	25.509 m/s	25.3944 m/s	25.384 m/s
80	25.5182 m/s	25.4122 m/s	25.3966 m/s
100	25.5279 m/s	25.4381 m/s	25.3975 m/s
120	25.5232 m/s	25.4543 m/s	25.4065 m/s

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 3000 rpm 해석 결과

Fig. 22와 Table 19는 엔진 회전수가 3000 rpm일 때, 직경 Φ2.5 노즐의 입구 속도 및 각도(30°, 45°, 60°) 변화에 따른 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드 내부의 속도는 46.7 m/s이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60° 에 대한 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 각각 57.67 m/s, 57.57 m/s, 57.43 m/s로 나타났다. 엔진 회전수가 3000 rpm일 때, 모든 노즐의 입구 속도변화에 대하여 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 30° 의 노즐 각도에서 확인되었다. 그러나 Φ2.5 의 노즐 직경에서 각도 변화에 따라 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 큰 차이를 나타내지 않았다.

Fig. 23과 Table 20은 엔진 회전수가 3000 rpm일 때, 직경 Φ2.5 노즐의 입구 속도 및 각도(30°, 45°, 60°) 변화에 따른 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드의 난류 운동에너지는 4.67 m^2/s^2이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60° 에 대한 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지는 각각 239.29 m^2/s^2, 275.2 m^2/s^2, 275.26 m^2/s^2로 나타났다. 엔진 회전수가 3000 rpm일 때, 모든 노즐의 입구 속도변화에 대하여 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지는 60° 의 노즐 각도에서 가장 크게 나타났다. 그러나 높은 노즐의 입구 속도에서 노즐의 각도 45° 와 60° 에 대한 난류 운동에너지는 유사한 값을 나타내었다.

Fig. 24와 Table 21은 엔진 회전수가 3000 rpm일 때, 직경 Φ2.5 노즐의 입구 속도 및 각도(30°, 45°, 60°) 변화에 따른 흡기 매니폴드 출구에서의 최고 공기의 속도를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드 출구에서의 속도는 70.2 m/s이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60° 에 대한 흡기 매니폴드 출구의 최고 공기 속도는 각각 77.39 m/s, 76.18 m/s, 76.03 m/s로 나타났다.

3000 rpm에서 노즐의 입구 속도에 대한 흡기 매니폴드 출구에서의 최고속도는 30° 의 노즐 각도에서 나타났다. 낮은 노즐의 입구 속도에서는 노즐의 각도 변화

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

에 따라 유사한 값을 나타내었으나, 노즐의 입구속도가 증가함에 따라 30° 의 노즐 각도에서 더욱 증가하는 경향을 나타내었다.

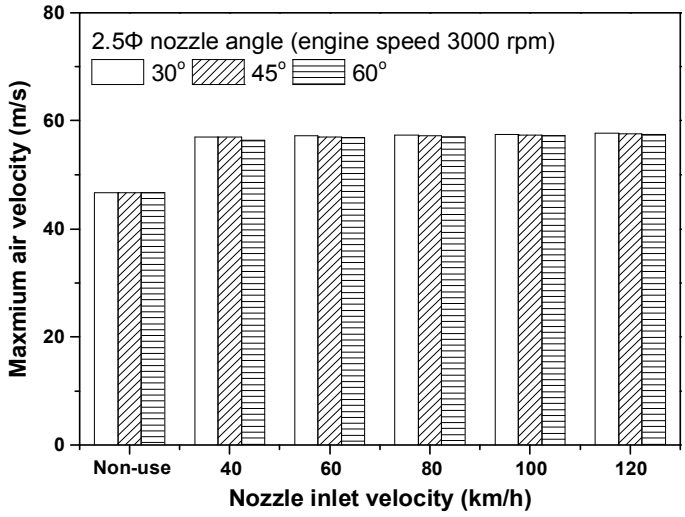


Fig. 22 Maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Table 19 Maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	46.7026 m/s	46.7026 m/s	46.7026 m/s
40	57.0055 m/s	56.9404 m/s	56.3643 m/s
60	57.2202 m/s	57.033 m/s	56.9031 m/s
80	57.2925 m/s	57.193 m/s	57.0438 m/s
100	57.4305 m/s	57.3456 m/s	57.2484 m/s
120	57.6738 m/s	57.568 m/s	57.4318 m/s

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

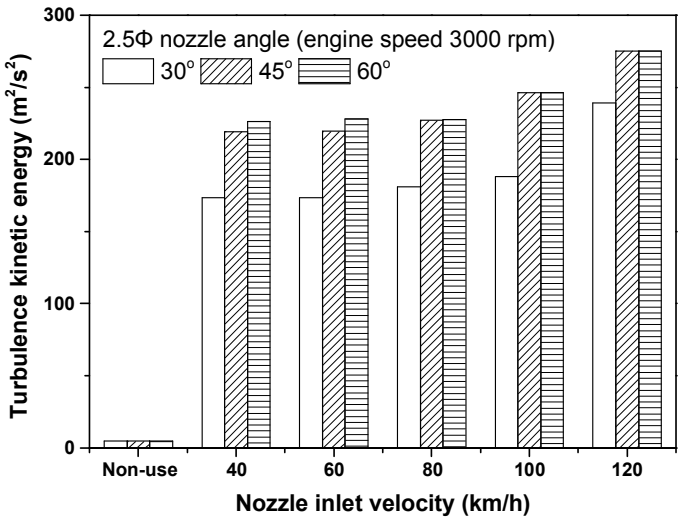


Fig. 23 Turbulence kinetic energy according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Table 20 Turbulence kinetic energy data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	4.66949 m^2/s^2	4.66949 m^2/s^2	4.66949 m^2/s^2
40	173.449 m^2/s^2	219.165 m^2/s^2	226.264 m^2/s^2
60	173.495 m^2/s^2	219.465 m^2/s^2	228.115 m^2/s^2
80	180.896 m^2/s^2	227.123 m^2/s^2	227.658 m^2/s^2
100	188.226 m^2/s^2	246.334 m^2/s^2	246.338 m^2/s^2
120	239.285 m^2/s^2	275.203 m^2/s^2	275.262 m^2/s^2

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

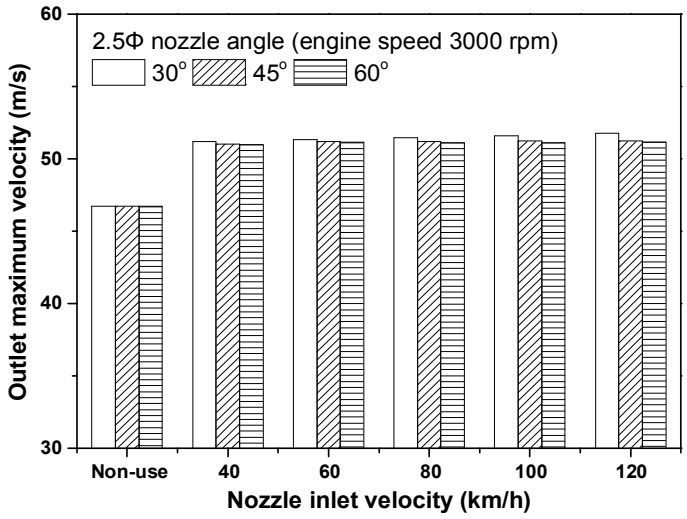


Fig. 24 Outlet air maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Table 21 Outlet air maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 3000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	46.7026 m/s	46.7026 m/s	46.7026 m/s
40	51.1804 m/s	51.0127 m/s	50.9832 m/s
60	51.3308 m/s	51.1815 m/s	51.1294 m/s
80	51.471 m/s	51.21 m/s	51.1191 m/s
100	51.5776 m/s	51.224 m/s	51.1208 m/s
120	51.7678 m/s	51.2255 m/s	51.1559 m/s

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 4000 rpm 해석 결과

Fig. 25와 Table 22는 엔진 회전수가 4000 rpm일 때, 직경 Φ2.5 노즐의 입구 속도 및 각도(30°, 45°, 60°) 변화에 따른 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드 내부의 속도는 70.2 m/s이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60° 에 대한 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 각각 85.68 m/s, 84.92 m/s, 83.47 m/s로 나타났다. 엔진 회전수가 4000 rpm일 때, 모든 노즐의 입구 속도변화에 대하여 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 30° 의 노즐 각도에서 확인되었다. 노즐의 입구 속도가 증가함에 따라 흡기 매니폴드 내부의 최고의 공기 속도는 증가하였다.

Fig. 26과 Table 23은 엔진 회전수가 4000 rpm일 때, 직경 Φ2.5 노즐의 입구 속도 및 각도(30°, 45°, 60°) 변화에 따른 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드의 난류 운동에너지는 8.66 m^2/s^2이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60° 에 대한 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지는 각각 606.34 m^2/s^2, 713.2 m^2/s^2, 844.85 m^2/s^2로 나타났다. 엔진 회전수가 4000 rpm일 때, 모든 노즐의 입구 속도변화에 대하여 흡기 매니폴드 내부의 난류 운동에너지는 60° 의 노즐 각도에서 가장 크게 나타났다. 또한, 노즐의 입구 속도가 증가할수록 난류 운동에너지는 급격히 증가하였으며, 이는 노즐을 통과하면서 공기의 속도가 증가되고 증가된 공기의 속도가 흡기 매니폴드 내부를 유동하는 공기와 혼합되면서 발생되는 현상으로 사료된다.

Fig. 27과 Table 24는 엔진 회전수가 4000 rpm일 때, 직경 Φ2.5노즐의 입구 속도 및 각도(30°, 45°, 60°) 변화에 따른 흡기 매니폴드 출구에서의 최고 공기의 속도를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 흡기 매니폴드 출구에서의 속도는 70.2 m/s이며, 120 km/h의 노즐 입구 속도에서 노즐 각도 30°, 45°, 60° 에 대한 흡기 매니폴드 출구의 최고 공기 속도는 각각 77.39 m/s, 76.18 m/s, 76.03 m/s로 나타났다.

4000 rpm에서 노즐의 입구 속도에 대한 흡기 매니폴드 출구에서의 최고속도는 30° 의 노즐 각도에서 나타났다. 모든 엔진 회전수에 대한 노즐의 입구 속도 변화

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

에 따른 흡기 매니폴드 내부와 출구에서의 최고 공기 속도는 30° 의 노즐 각도에서 나타났으며, 이러한 결과는 노즐의 직경 Φ5에서와 유사한 경향을 나타내었다.

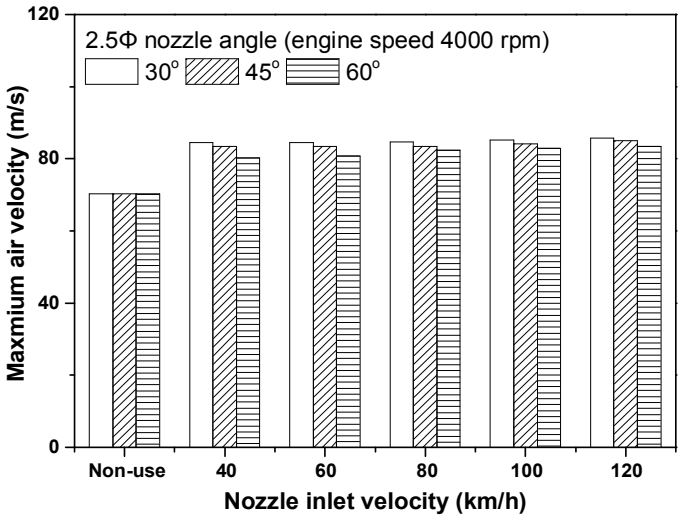


Fig. 25 Maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Table 22 Maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	70.1959 m/s	70.1959 m/s	70.1959 m/s
40	84.50792 m/s	83.4934 m/s	80.2645 m/s
60	84.42555 m/s	83.4759 m/s	80.8054 m/s
80	84.63332 m/s	83.4368 m/s	82.3567 m/s
100	85.18381 m/s	84.1606 m/s	82.88358 m/s
120	85.67922 m/s	84.9249 m/s	83.47207 m/s

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

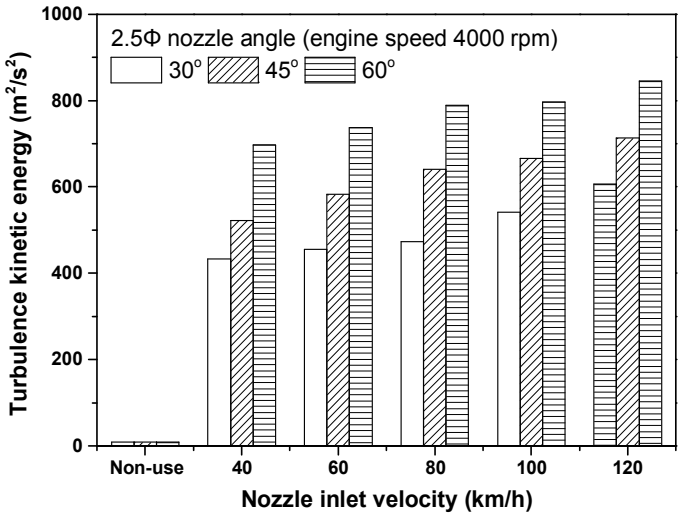


Fig. 26 Turbulence kinetic energy according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Table 23 Turbulence kinetic energy data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	8.65949 m^2/s^2	8.65949 m^2/s^2	8.65949 m^2/s^2
40	432.95 m^2/s^2	522.194 m^2/s^2	697.11556 m^2/s^2
60	454.949 m^2/s^2	582.437 m^2/s^2	737.47468 m^2/s^2
80	473.833 m^2/s^2	639.821 m^2/s^2	788.36983 m^2/s^2
100	541.671 m^2/s^2	666.273 m^2/s^2	797.04892 m^2/s^2
120	606.34 m^2/s^2	713.204 m^2/s^2	844.85474 m^2/s^2

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

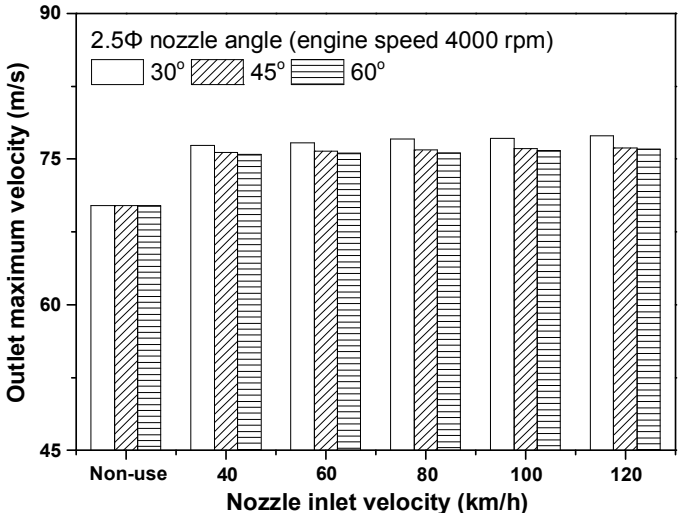


Fig. 27 Outlet maximum air velocity according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Table 24 Outlet maximum air velocity data according to nozzle angle with the engine rotating speed of 4000 rpm in nozzle diameter 2.5 mm

Nozzle angle(°) / Nozzle inlet velocity (km/h)	30	45	60
Non-use	70.1959 m/s	70.1959 m/s	70.1959 m/s
40	76.38877 m/s	75.68189 m/s	75.46792 m/s
60	76.69831 m/s	75.81754 m/s	75.60441 m/s
80	77.07701 m/s	75.93607 m/s	75.64365 m/s
100	77.16254 m/s	76.07475 m/s	75.8595 m/s
120	77.39434 m/s	76.17505 m/s	76.0359 m/s

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 절 노즐의 직경에 따른 유동해석

1. 2000 rpm에서 해석 결과 비교

흡기 매니폴드 내부와 출구에서의 최고 유속은 30° 의 노즐 각도에서 나타났으며, 이를 기반으로 노즐의 직경 변화에 따른 흡기 매니폴드의 유동 해석 결과를 비교하였다. Fig. 28은 엔진 회전수 2000 rpm에서 노즐의 직경에 따른 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도를 비교한 것이다. 흡기 매니폴드의 최고 속도는 흡기 매니폴드에서 유동하는 공기와 노즐에서 유입되는 공기가 접촉하는 부분에서 나타났다. 노즐이 적용되지 않았을 때, 2000 rpm의 엔진 회전수에서 흡기 매니폴드 내부의 속도는 22.03 m/s이며, 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때, 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 26.2 m/s와 25.66 m/s로 나타났다. 60 km/h에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 26.78 m/s와 25.87 m/s로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 80 km/h에서는 31.34 m/s와 29.35 m/s로 나타났다. 100 km/h에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 39.18 m/s와 36.51 m/s로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 120 km/h에서는 45.6 m/s와 42.38 m/s로 나타났다. 40 km/h와 60 km/h의 노즐 입구 속도에서는 Φ5와 Φ2.5의 최고 공기 속도는 큰 차기가 없었지만, 이후에 노즐의 입구 속도가 증가함에 따라 120 km/h에서 Φ2.5의 노즐 속도는 Φ5보다 약 7.6% 높게 나타났다. 노즐을 적용하였을 때, 노즐의 입구 속도 변화에 따른 흡기 매니폴드의 최고 공기 속도는 모두 증가하였으며, 직경이 작을수록 그 변화는 크게 나타났다. 이는 노즐의 직경이 작을수록 노즐 출구에서의 속도가 증가하기 때문으로 사료된다.

Fig. 29는 엔진 회전수 2000 rpm에서 노즐의 직경에 따른 흡기 매니폴드 출구의 평균 공기 속도를 비교한 것이다. 노즐이 적용되지 않았을 때, 2000 rpm의 엔진 회전수에서 흡기 매니폴드 출구의 속도는 22.03 m/s이며, 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때, 직경 Φ2.5와 Φ5의 출구에서의 평균 속도는 각각 22.22 m/s와 22.08 m/s로 나타났다. 60 km/h에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 22.32 m/s와 22.11 m/s로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 80 km/h에서는 22.41 m/s와

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

22.13 m/s로 나타났다. 100 km/h에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 22.5 m/s와 22.15 m/s로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 120 km/h에서는 22.59 m/s와 22.17 m/s로 나타났다. 직경 Φ2.5와 Φ5의 노즐의 적용은 노즐을 적용하지 않은 흡기 매니폴드 출구의 속도보다 각각 2.53%와 0.64% 증가하였다. 또한, Φ2.5의 노즐을 적용한 흡기매니폴드 출구의 속도는 Φ5의 노즐을 적용한 것 보다 약 1.9% 높게 나타났다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

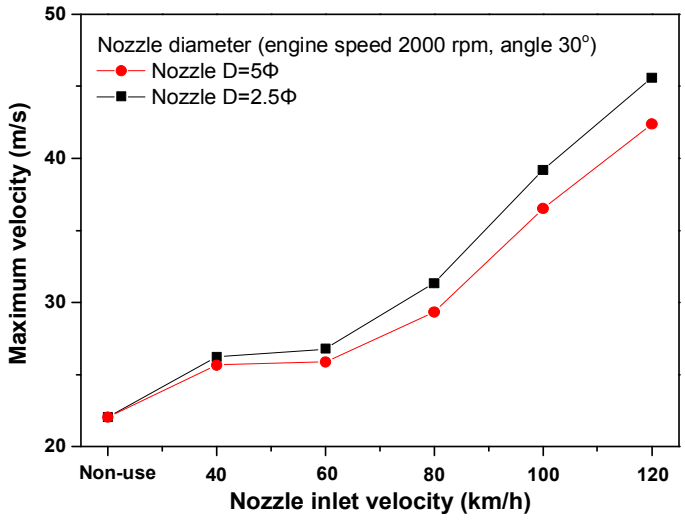


Fig. 28 Maximum air velocity in the intake manifold with the nozzle diameter as the engine rotating speed of 2000 rpm

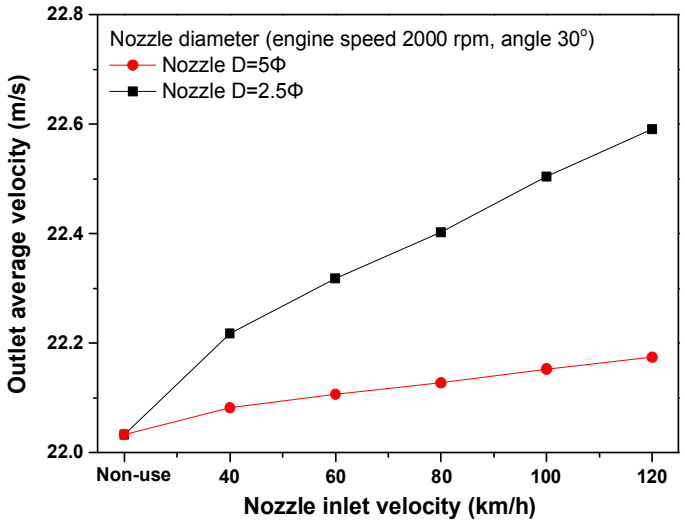


Fig. 29 Outlet average air velocity in the intake manifold with the nozzle diameter as the engine rotating speed of 2000 rpm

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 3000 rpm에서 해석 결과 비교

Fig. 30은 엔진 회전수 3000 rpm에서 노즐의 직경에 따른 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도를 비교한 것이다. 흡기 매니폴드의 최고 속도는 흡기 매니폴드에서 유동하는 공기와 노즐에서 유입되는 공기가 접촉하는 부분에서 나타났다. 노즐이 적용되지 않았을 때, 3000 rpm의 엔진 회전수에서 흡기 매니폴드 내부의 속도는 46.7 m/s이며, 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때, 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 57.01 m/s와 55.5 m/s로 나타났다. 60 km/h에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 57.22 m/s와 55.69 m/s로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 80 km/h에서는 57.29 m/s와 56.04 m/s로 나타났다. 100 km/h에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 57.43 m/s와 56.67 m/s로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 120 km/h에서는 57.67 m/s와 57.25 m/s로 나타났다. 모든 노즐의 입구 속도에 대하여 Φ2.5의 노즐 직경에서 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 Φ5의 경우 보다 평균적으로 약 2% 높게 나타났다.

Fig. 31은 엔진 회전수 3000 rpm에서 노즐의 직경에 따른 흡기 매니폴드 출구의 평균 공기 속도를 비교한 것이다. 노즐이 적용되지 않았을 때, 3000 rpm의 엔진 회전수에서 흡기 매니폴드 출구의 속도는 46.7 m/s이며, 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때, 직경 Φ2.5와 Φ5의 출구에서의 평균 속도는 각각 46.89 m/s와 46.75 m/s로 나타났다. 60 km/h에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 46.98 m/s와 46.78 m/s로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 80 km/h에서는 47.07 m/s와 46.8 m/s로 나타났다. 100 km/h에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 47.17 m/s와 46.82 m/s로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 120 km/h에서는 47.25 m/s와 46.85 m/s로 나타났다. 직경 Φ2.5와 Φ5의 노즐의 적용은 노즐을 적용하지 않은 흡기 매니폴드 출구의 속도보다 각각 1.2%와 0.3% 증가하였다. 또한, Φ2.5의 노즐을 적용한 흡기매니폴드 출구의 속도는 Φ5의 노즐을 적용한 것 보다 약 0.9% 높게 나타났다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

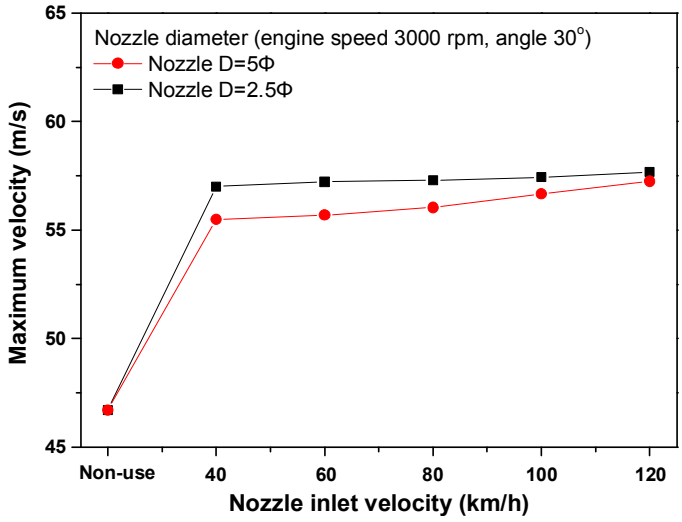


Fig. 30 Maximum air velocity in the intake manifold with the nozzle diameter as the engine rotating speed of 3000 rpm

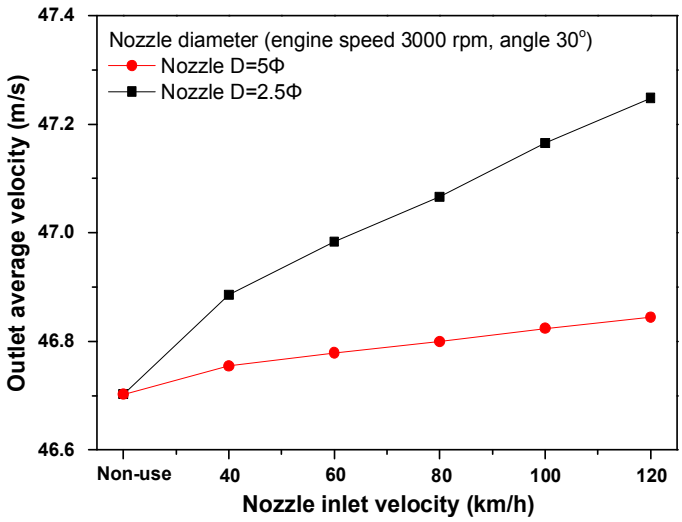


Fig. 31 Outlet average air velocity in the intake manifold with the nozzle diameter as the engine rotating speed of 3000 rpm

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 4000 rpm에서 해석 결과 비교

Fig. 32는 엔진 회전수 4000 rpm에서 노즐의 직경에 따른 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도를 비교한 것이다. 흡기 매니폴드의 최고 속도는 흡기 매니폴드에서 유동하는 공기와 노즐에서 유입되는 공기가 접촉하는 부분에서 나타났다. 노즐이 적용되지 않았을 때, 4000 rpm의 엔진 회전수에서 흡기 매니폴드 내부의 속도는 70.2 m/s이며, 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때, 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 84.51 m/s와 83.5 m/s로 나타났다. 60 km/h에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 84.43 m/s와 83.6 m/s로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 80 km/h에서는 84.63 m/s와 83.67 m/s로 나타났다. 100 km/h에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 85.18 m/s와 84.16 m/s로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 120 km/h에서는 85.68 m/s와 84.65 m/s로 나타났다. 직경 Φ2.5와 Φ5의 노즐의 적용은 노즐을 적용하지 않은 흡기 매니폴드 출구의 속도보다 각각 22.1%와 20.6% 증가하였다. 모든 노즐의 입구 속도에 대하여 Φ2.5의 노즐 직경에서 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 속도는 Φ5의 경우 보다 평균적으로 약 1.2% 높게 나타났다.

Fig. 33은 엔진 회전수 4000 rpm에서 노즐의 직경에 따른 흡기 매니폴드 출구의 평균 공기 속도를 비교한 것이다. 노즐이 적용되지 않았을 때, 4000 rpm의 엔진 회전수에서 흡기 매니폴드 출구의 속도는 70.2 m/s이며, 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때, 직경 Φ2.5와 Φ5의 출구에서의 평균 속도는 각각 70.39 m/s와 70.25 m/s로 나타났다. 60 km/h에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 70.49 m/s와 70.28 m/s로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 80 km/h에서는 70.57 m/s와 70.3 m/s로 나타났다. 100 km/h에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 최고 속도는 각각 70.67 m/s와 70.32 m/s로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 120 km/h에서는 70.75 m/s와 70.34 m/s로 나타났다. 직경 Φ2.5와 Φ5의 노즐의 적용은 노즐을 적용하지 않은 흡기 매니폴드 출구의 속도보다 각각 0.8%와 0.2% 증가하였다. 또한, Φ2.5의 노즐을 적용한 흡기매니폴드 출구의 속도는 Φ5의 노즐을 적용한 것 보다 약 0.6% 높게 나타났다. 엔진 회전수가 증가함에 따라 노즐을 적용한 흡기 매니폴드 출구에서의 평균 유속 및 최고 유속의 증가율은 감소하였다. 이는 엔진 회전수가 증가함

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

에 따라 흡기 매니폴드 내부를 유동하는 공기의 유속이 증가하기 때문에 유동 면적이 작은 노즐의 영향이 적게 미치기 때문으로 사료된다.

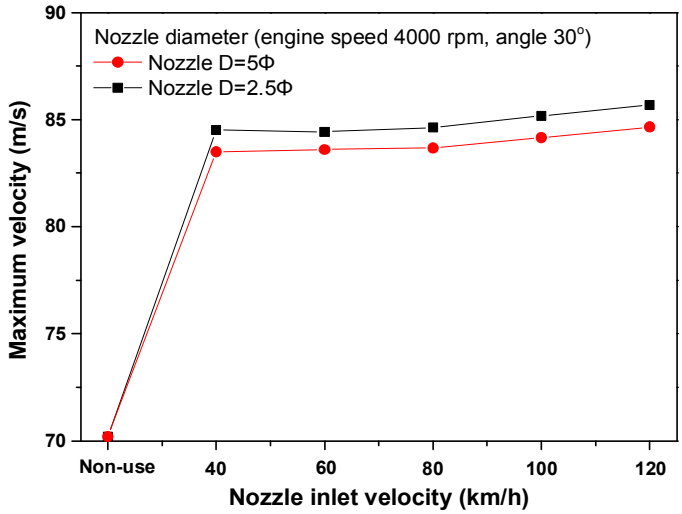


Fig. 32 Maximum air velocity in the intake manifold with the nozzle diameter as the engine rotating speed of 4000 rpm

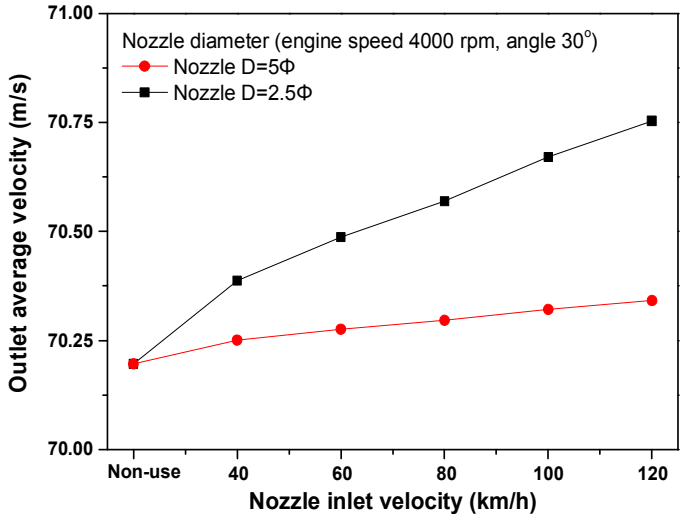


Fig. 33 Outlet average air velocity in the intake manifold with the nozzle diameter as the engine rotating speed of 4000 rpm

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4 절 무부하 조건에서의 배출가스

1. HC 배출가스

해석 결과에서 가장 좋은 유속을 나타낸 노즐의 각도를 기반으로 엔진 시뮬레이터에서 무부하 조건으로 배출가스를 측정하였으며, Fig. 34는 주행거리 3만 km된 자동차 엔진에서 노즐 직경에 따른 HC 배출가스 변화를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않았을 때의 HC 값은 55.5 ppm으로 나타났으며, Φ5의 노즐 직경에서 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 HC 값은 41.6 ppm으로 25.0% 감소되었다. 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 HC 값은 40 ppm으로 나타났으며, 80 km/h일 때 HC 값은 39.4 ppm으로 나타났다. 또한, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 HC 값은 26.8 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 51.7% 감소되었다. 노즐의 직경이 Φ2.5를 적용하였을 때 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 HC 값은 37.25 ppm으로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 HC 값은 33.32 ppm으로 나타났다. 80 km/h일 때 HC 값은 28.0 ppm으로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 HC 값은 22.14 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 60.1% 감소되었다.

Fig. 35는 주행거리 18만 km된 자동차 엔진에서 노즐 직경에 따른 HC 배출가스 변화를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않았을 때의 HC 값은 59 ppm으로 나타났으며, Φ5의 노즐 직경에서 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 HC 값은 56.8 ppm으로 감소되었다. 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 HC 값은 54.8 ppm으로 나타났으며, 80 km/h일 때 HC 값은 40.5 ppm으로 나타났다. 또한, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 HC 값은 38 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 35.6% 감소되었다. 노즐의 직경이 Φ2.5를 적용하였을 때 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 HC 값은 51 ppm으로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 HC 값은 47.6 ppm으로 나타났다. 80 km/h일 때 HC 값은 34 ppm으로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 HC 값은 23.4 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 60.3% 감소되었다. 주행거리가 3만km와 18만 km의 엔진 모두 노즐의 직경이 Φ5에서 보다 Φ2.5에서 HC 값이 더 많이 감소되었다. 이는 해석결과에서 노즐의 직

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

경이 Φ5보다 Φ2.5에서 유속이 증가되었고, 또한 증가된 속도로 인한 와류가 더욱 크게 형성되어 흡기 매니폴드 내부에서 혼합도가 증가되었기 때문으로 사료된다.

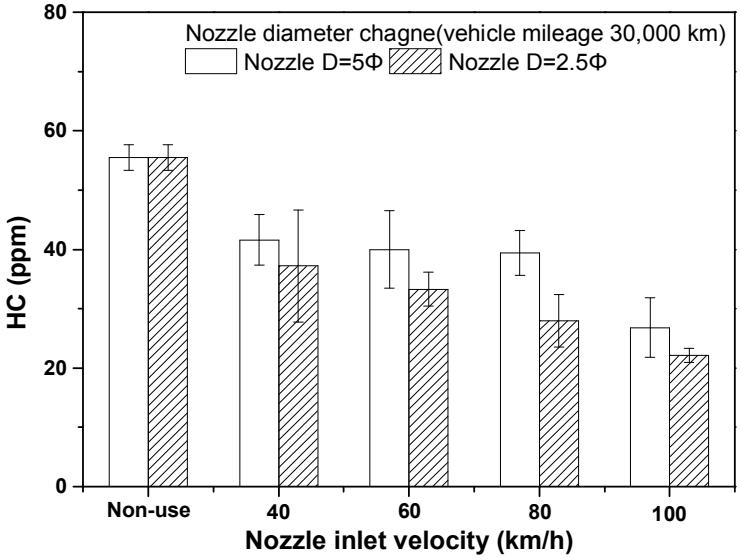


Fig. 34 Variation of HC according to nozzle diameter of engine that driven of 30,000 km in the non-load condition

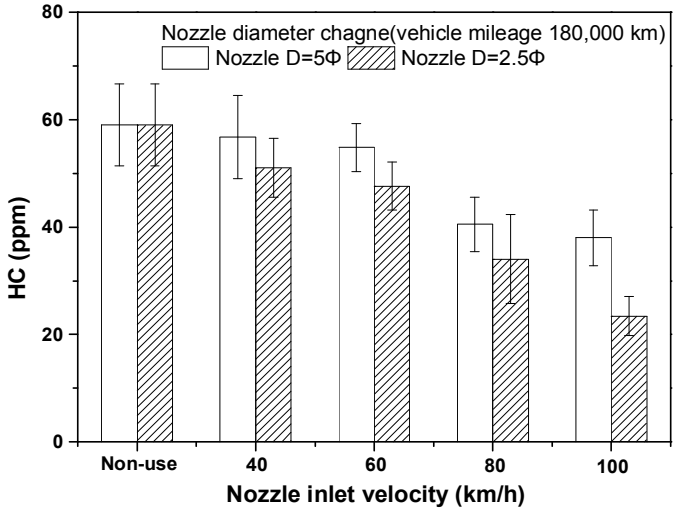


Fig. 35 Variation of HC according to nozzle diameter of engine that driven of 180,000 km in the non-load condition

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. CO 배출가스

흡기 매니폴드 시스템에 노즐의 적용 유무가 불완전 연소로 인해 생성되는 유해 배출가스인 CO에 미치는 영향을 확인하기 위하여 무부하 엔진 시스템에서 CO 배출가스를 측정하였으며, Fig. 36은 주행거리 3만 km된 자동차 엔진에서 노즐 직경에 따른 CO 배출가스 변화를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않았을 때의 CO값은 0.137%로 나타났으며, Φ5의 노즐 직경에서 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 CO값은 0.135%로 감소되었다. 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 CO값은 0.134%로 나타났으며, 80 km/h일 때 CO값은 0.102%로 나타났다. 또한, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 CO값은 0.08%로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 41.5% 감소되었다. 노즐의 직경이 Φ2.5를 적용하였을 때 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 CO값은 0.127%로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 CO값은 0.114%로 나타났다. 80 km/h일 때 CO값은 0.088%로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 CO값은 0.067%로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 51.0% 감소되었다.

Fig. 37은 주행거리 18만 km된 자동차 엔진에서 노즐 직경에 따른 CO 배출가스 변화를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않았을 때의 CO값은 0.27%로 나타났으며, Φ5의 노즐 직경에서 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 CO값은 0.246%로 감소되었다. 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 CO값은 0.238%로 나타났으며, 80 km/h일 때 CO값은 0.186%로 나타났다. 또한, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 CO값은 0.174%로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 35.6% 감소되었다. 노즐의 직경이 Φ2.5를 적용하였을 때 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 CO값은 0.238%로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 CO값은 0.23%로 나타났다. 80 km/h일 때 CO값은 0.16%로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 CO값은 0.136%로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 49.6% 감소되었다.

주행거리가 3만km와 18만 km의 엔진 모두 노즐의 직경이 Φ5에서 보다 Φ2.5에서 CO값이 더 많이 감소되었다. 이는 HC의 실험결과와 마찬가지로 노즐의 직경이 작을수록 유속이 증가되며, 이것은 흡기 매니폴드 내부에도 영향을 미쳐 와류가 더욱 크게 형성되기 때문에 공기의 혼합도가 증가되었기 때문으로 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

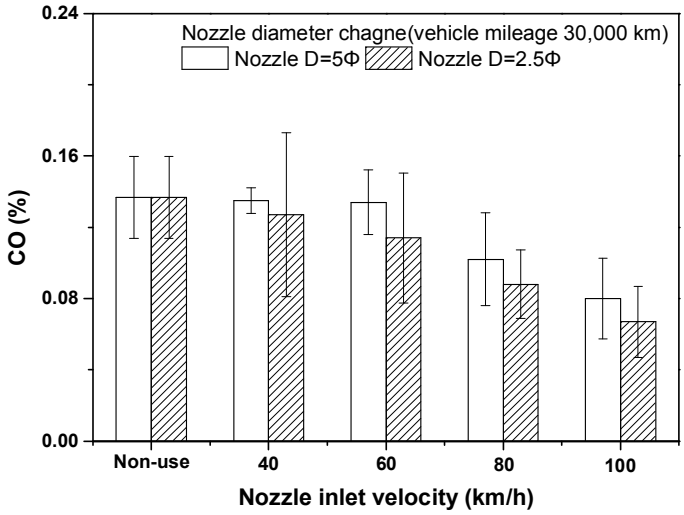


Fig. 36 Variation of CO according to nozzle diameter of engine that driven of 30,000 km in the non-load condition

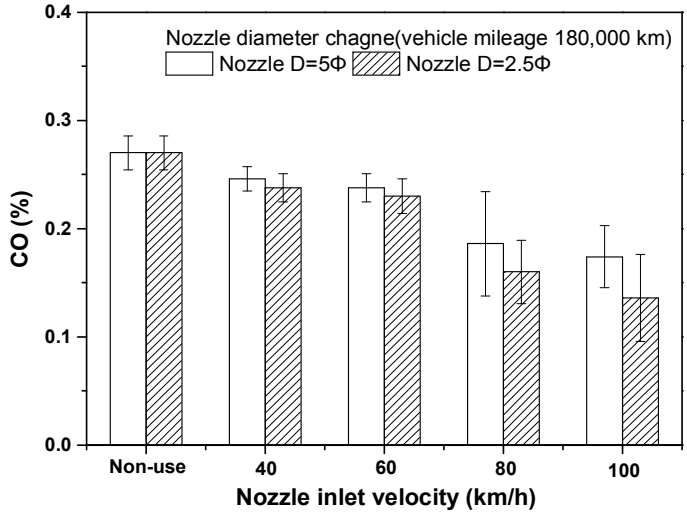


Fig. 37 Variation of CO according to nozzle diameter of engine that driven of 180,000 km in the non-load condition

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. NOx 배출가스

흡기 매니폴드 시스템에 노즐의 적용이 대기오염물질인 NOx에 미치는 영향을 확인하기 위하여 무부하 엔진 시스템에서 NOx 배출가스를 측정하였으며, Fig. 38은 주행거리 3만 km된 자동차 엔진에서 노즐 직경에 따른 NOx 배출가스 변화를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않았을 때의 NOx 값은 721.8 ppm으로 나타났으며, Φ5의 노즐 직경에서 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 NOx 값은 676.4 ppm으로 감소되었다. 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 NOx 값은 583 ppm으로 나타났으며, 80 km/h일 때 NOx 값은 434.4 ppm으로 나타났다. 또한, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 NOx 값은 221.4 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 69.3% 감소되었다. 노즐의 직경이 Φ2.5를 적용하였을 때 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 NOx 값은 484.2 ppm로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 NOx 값은 302.4 ppm으로 나타났다. 80 km/h일 때 NOx 값은 145.4 ppm으로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 NOx 값은 134.6 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 81.4% 감소되었다.

Fig. 39는 주행거리 18만 km된 자동차 엔진에서 노즐 직경에 따른 NOx 배출가스 변화를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않았을 때의 NOx 값은 846.5 ppm으로 나타났으며, Φ5의 노즐 직경에서 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 NOx 값은 739.2 ppm으로 감소되었다. 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 NOx 값은 682.4 ppm으로 나타났으며, 80 km/h일 때 NOx 값은 668.8 ppm으로 나타났다. 또한, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 NOx 값은 590.3 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 30.3% 감소되었다. 노즐의 직경이 Φ2.5를 적용하였을 때 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 NOx 값은 767 ppm으로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 NOx 값은 704 ppm으로 나타났다. 80 km/h일 때 NOx 값은 697 ppm으로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 CO 값은 667.6 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 21.3% 감소되었다.

자동차 배출가스인 HC와 CO가 완전 연소로 인하여 저감됨에 따라 NOx 값은 증가되는 것이 일반적이다. 그러나 본 연구에서는 주행거리가 3만km와 18만 km의

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

엔진 모두 노즐의 적용에 따라 HC와 CO값이 저감되었으며, NOx 값 또한 저감되었다. 이는 흡기 매니폴드 내부의 온도는 60℃ 정도인데, 35℃의 외기를 흡입하는 노즐의 적용으로 흡기 매니폴드 내부의 온도를 감소시키기 때문으로 사료된다. 이에 따라 노즐의 직경이 작을수록 더 빠른 유속을 가지며 직경 Φ5에서 보다 Φ2.5에서 NOx 값이 더 많이 감소되었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

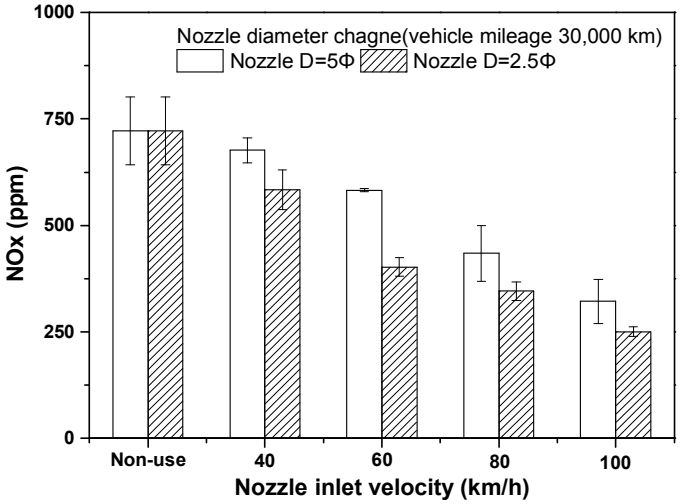


Fig. 38 Variation of NOx according to nozzle diameter of engine that driven of 30,000 km in the non-load condition

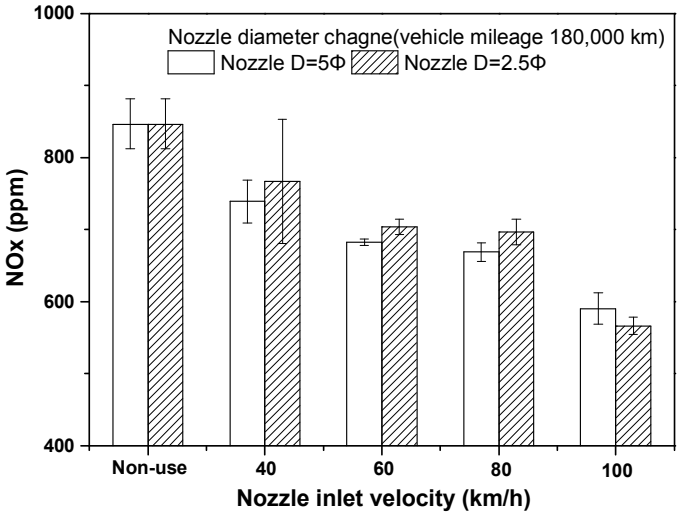


Fig. 39 Variation of NOx according to nozzle diameter of engine that driven of 180,000 km in the non-load condition

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 5 절 엔진 출력 성능

흡기 매니폴드에 노즐의 적용은 무부하 엔진 시스템에서 불완전 연소에 의하여 발생되는 HC와 CO 배출가스를 저감시켰다. 이에 따라 주행거리 3만 km와 18만 km 자동차의 엔진 출력 성능 실험을 수행하였다.

Fig. 40은 노즐의 적용에 따른 주행 거리 3만 km의 자동차 엔진 출력 성능 실험 결과를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 엔진의 출력은 126.6 PS로 나타났으며, 노즐의 직경 Φ5일 때, 40 km의 노즐 입구 속도에서 엔진 출력은 127.2 PS로 나타났다. 노즐의 입구 속도가 60 km일 때 엔진 출력은 128.6 PS로 나타났으며, 80 km/h의 노즐 입구 속도에서 엔진 출력은 129.2 PS로 측정되었다. 또한, 100 km/h의 노즐 입구 속도에서 엔진 출력은 132.6 PS로 측정되었으며, 노즐이 적용되지 않았을 때보다 4.7% 향상되었다. 노즐의 직경 Φ2.5일 때, 40 km의 노즐 입구 속도에서 엔진 출력은 131.8 PS로 나타났다. 노즐의 입구 속도가 60 km일 때 엔진 출력은 132.6 PS로 나타났으며, 80 km/h의 노즐 입구 속도에서 엔진 출력은 134.6 PS로 측정되었다. 또한, 100 km/h의 노즐 입구 속도에서 엔진 출력은 134.8 PS로 측정되었으며, 노즐이 적용되지 않았을 때보다 6.5% 향상되었다.

Fig. 41은 노즐의 적용에 따른 주행 거리 18만 km의 자동차 엔진 출력 성능 실험 결과를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않은 엔진의 출력은 90.47 PS로 나타났으며, 노즐의 직경이 Φ5일 때, 40 km의 노즐 입구 속도에서 엔진 출력은 91.1 PS로 나타났다. 노즐의 입구 속도가 60 km일 때 엔진 출력은 91.58 PS로 나타났으며, 80 km/h의 노즐 입구 속도에서 엔진 출력은 93.25 PS로 측정되었다. 또한, 100 km/h의 노즐 입구 속도에서 엔진 출력은 93.46 PS로 측정되었으며, 노즐이 적용되지 않았을 때보다 3.3% 향상되었다. 노즐의 직경이 Φ2.5일 때, 40 km의 노즐 입구 속도에서 엔진 출력은 91.8 PS로 나타났다. 노즐의 입구 속도가 60 km일 때 엔진 출력은 99.71 PS로 나타났으며, 80 km/h의 노즐 입구 속도에서 엔진 출력은 101.09 PS로 측정되었다. 또한, 100 km/h의 노즐 입구 속도에서 엔진 출력은 102.48 PS로 측정되었으며, 노즐이 적용되지 않았을 때보다 13.3% 향상되었다. 이는 노즐의 적용이 흡기 매니폴드 내부에 유속을 증가시키며, 외기의 도입으로 인

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

한 흡입량의 증가와 와류 강도 향상으로 인한 완전 연소에 가까워지기 때문에 자동차의 엔진 출력이 향상된 것으로 사료된다. 흡기 매니폴드에 외기를 도입하는 노즐의 적용은 배출가스 저감 과 엔진 출력에 효과적인 영향을 미쳤다. 그러나 무부하 조건에서 배출가스를 측정한 것이므로, 부하조건에서 실제 자동차 성능실험 조건을 기반으로 배출가스에 대한 실험을 진행하는 것이 필요하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

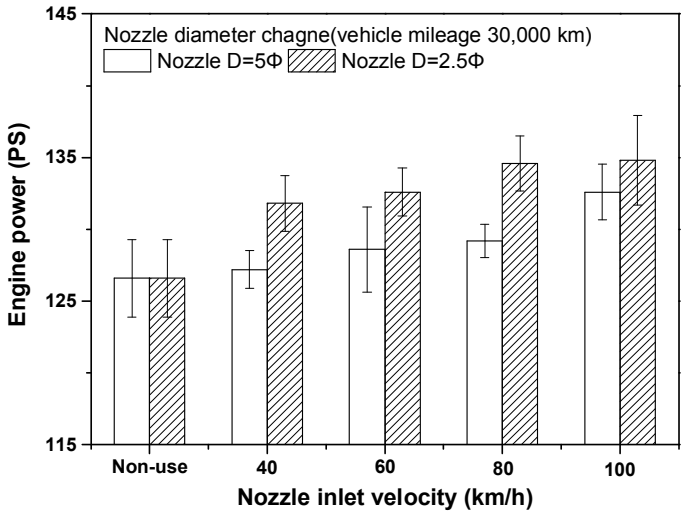


Fig. 40 Comparison of the engine power according to nozzle diameter of engine that driven 30,000 km

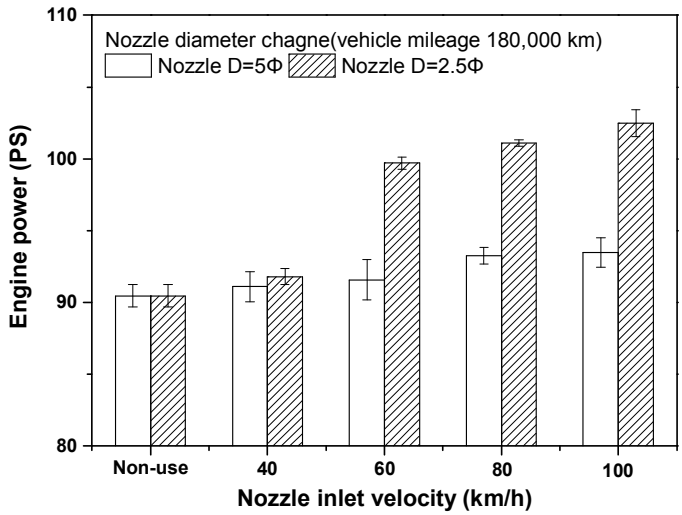


Fig. 41 Comparison of the engine power according to nozzle diameter of engine that driven 180,000 km

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 6 절 ASM2525 모드 배출가스 실험 결과

1. HC 배출가스

Fig. 42는 ASM2525 모드에서 노즐의 입구 속도 변화에 따른 주행거리 3만 km의 엔진에 대한 HC 배출가스 결과를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않았을 때의 HC 값은 14.83 ppm으로 나타났으며, Φ5의 노즐 직경에서 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 HC 값은 14.80 ppm으로 감소되었다. 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 HC 값은 12.65 ppm으로 나타났으며, 80 km/h일 때 HC 값은 11.74 ppm으로 나타났다. 또한, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 HC 값은 9 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 39.3% 감소되었다. 노즐의 직경이 Φ2.5를 적용하였을 때 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 HC 값은 11.33 ppm으로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 HC 값은 10.67 ppm으로 나타났다. 80 km/h일 때 HC 값은 9.43 ppm으로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 HC 값은 8.04 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 45.8% 감소되었다.

Fig. 43은 ASM2525 모드에서 노즐의 입구 속도 변화에 따른 주행거리 18만 km의 엔진에 대한 HC 배출가스 결과를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않았을 때의 HC 값은 21.8 ppm으로 나타났으며, Φ5의 노즐 직경에서 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 HC 값은 19.8 ppm으로 감소되었다. 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 HC 값은 17.6 ppm으로 나타났으며, 80 km/h일 때 HC 값은 16.4 ppm으로 나타났다. 또한, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 HC 값은 13.42 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 38.4% 감소되었다. 노즐의 직경이 Φ2.5를 적용하였을 때 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 HC 값은 16.2 ppm으로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 HC 값은 14.6 ppm으로 나타났다. 80 km/h일 때 HC 값은 12.4 ppm으로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 HC 값은 10.8 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 50.5% 감소되었다. 이러한 결과는 무부하 조건에서의 실험결과와 마찬가지로 감소되는 경향을 나타내었으며, 노즐의 적용이 가솔린 차량의 HC 배출가스 저감에 영향을 미치는 것을 확인하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

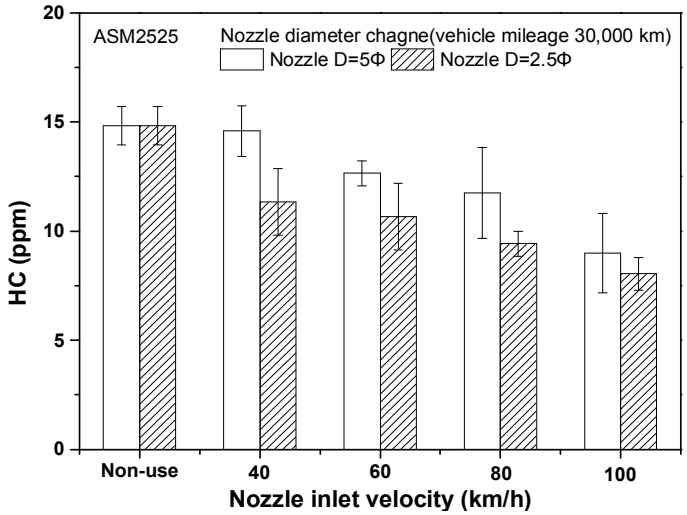


Fig. 42 Variation of HC according to nozzle diameter of engine that driven of 30,000 km in the ASM2525 mode

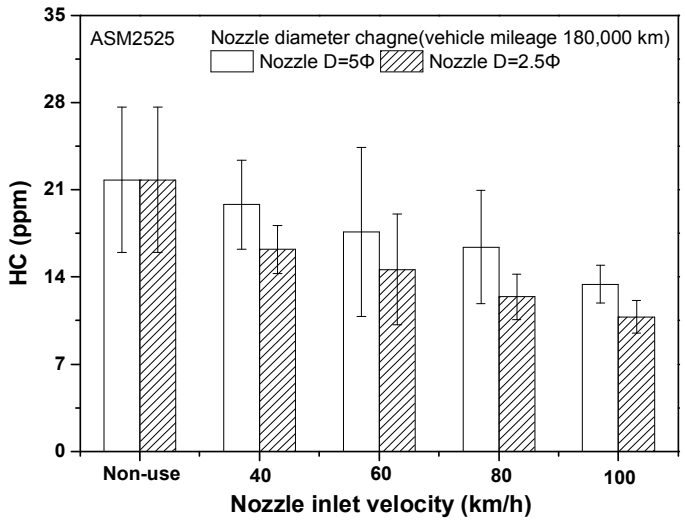


Fig. 43 Variation of HC according to nozzle diameter of engine that driven of 180,000 km in the ASM2525 mode

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. CO 배출가스

Fig. 44는 ASM2525 모드에서 노즐의 입구 속도 변화에 따른 주행거리 3만 km의 엔진에 대한 CO 배출가스 결과를 나타낸 것이다.

노즐이 적용되지 않았을 때의 CO 값은 0.046%로 나타났으며, Φ5의 노즐 직경에서 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 CO 값은 0.043%로 감소되었다. 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 CO 값은 0.036%로 나타났으며, 80 km/h일 때 HC 값은 0.032%로 나타났다. 또한, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 CO 값은 0.03%로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 34.8% 감소되었다. 노즐의 직경이 Φ2.5를 적용하였을 때 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 CO 값은 0.04%로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 CO 값은 0.034%로 나타났다. 80 km/h일 때 CO 값은 0.026%로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 CO 값은 0.024%로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 47.8% 감소되었다.

Fig. 45는 ASM2525 모드에서 노즐의 입구 속도 변화에 따른 주행거리 18만 km의 엔진에 대한 CO 배출가스 결과를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않았을 때의 CO 값은 0.17%로 나타났으며, Φ5의 노즐 직경에서 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 CO 값은 0.167%로 감소되었다. 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 CO 값은 0.163%로 나타났으며, 80 km/h일 때 CO 값은 0.14%로 나타났다. 또한, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 CO 값은 0.097%로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 43.1% 감소되었다. 노즐의 직경이 Φ2.5를 적용하였을 때 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 CO 값은 0.15%로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 CO 값은 0.10%로 나타났다. 80 km/h일 때 CO 값은 0.093%로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 CO 값은 0.073%로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 56.9% 감소되었다.

노즐의 적용으로 외기 도입에 의한 공기의 유속 및 흡입량이 증가되었으며 이에 따라 흡기 매니폴드 내부에서 공기의 혼합도가 증가되므로 Φ5의 노즐 직경보다 Φ2.5의 노즐 직경에서 CO 배출가스가 더 많이 저감되는 것을 확인하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

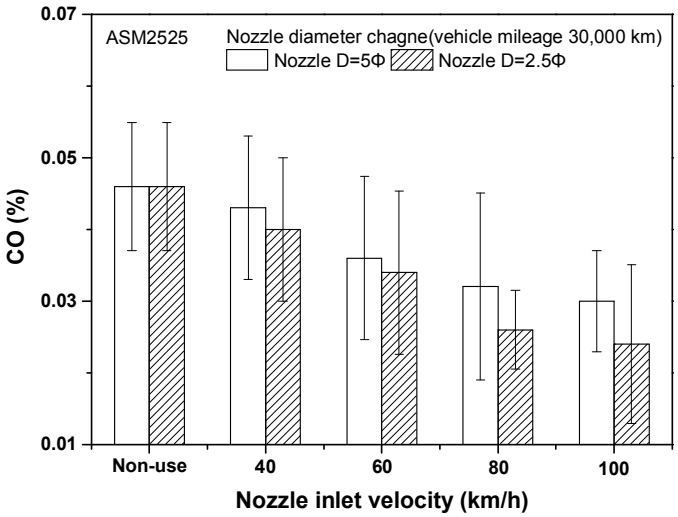


Fig. 44 Variation of CO according to nozzle diameter of engine that driven of 30,000 km in the ASM2525 mode

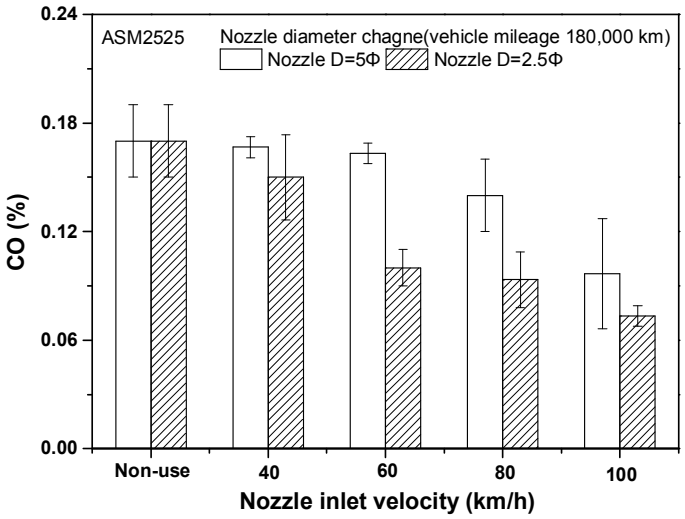


Fig. 45 Variation of CO according to nozzle diameter of engine that driven of 180,000 km in the ASM2525 mode

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. NOx 배출가스

Fig. 46은 ASM2525 모드에서 노즐의 입구 속도 변화에 따른 주행거리 3만 km의 엔진에 대한 NOx 배출가스 결과를 나타낸 것이다.

노즐이 적용되지 않았을 때의 NOx 값은 59.8 ppm으로 나타났으며, Φ5의 노즐 직경에서 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 NOx 값은 51.8 ppm으로 감소되었다. 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 NOx 값은 44.4 ppm으로 나타났으며, 80 km/h일 때 NOx 값은 38.8 ppm으로 나타났다. 또한, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 NOx 값은 27.6 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 53.8% 감소되었다. 노즐의 직경이 Φ2.5를 적용하였을 때 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 NOx 값은 47.8 ppm으로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 NOx 값은 33.4 ppm으로 나타났다. 80 km/h일 때 NOx 값은 24.2 ppm으로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 NOx 값은 16.8 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 71.9% 감소되었다.

Fig. 47은 ASM2525 모드에서 노즐의 입구 속도 변화에 따른 주행거리 18만 km의 엔진에 대한 NOx 배출가스 결과를 나타낸 것이다. 노즐이 적용되지 않았을 때의 NOx 값은 147.7 ppm으로 나타났으며, Φ5의 노즐 직경에서 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 NOx 값은 140.3 ppm으로 감소되었다. 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 NOx 값은 130 ppm으로 나타났으며, 80 km/h일 때 NOx 값은 119.3 ppm으로 나타났다. 또한, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 NOx 값은 107.7 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 27.1% 감소되었다. 노즐의 직경이 Φ2.5를 적용하였을 때 노즐의 입구 속도가 40 km/h일 때 NOx 값은 133.3 ppm으로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 60 km/h일 때 NOx 값은 121.7 ppm으로 나타났다. 80 km/h일 때 NOx 값은 104.3 ppm으로 나타났으며, 노즐 입구 속도가 100 km/h일 때 NOx 값은 92.7 ppm으로 노즐을 적용하지 않았을 때보다 34.4% 감소되었다.

외기의 온도를 도입하는 노즐의 적용은 엔진 내부 온도에 지배적으로 영향을 받는 NOx 저감에 효과적이었으며, 노즐의 직경이 작은 Φ2.5에서 그 효과가 더욱 크게 나타남을 확인하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

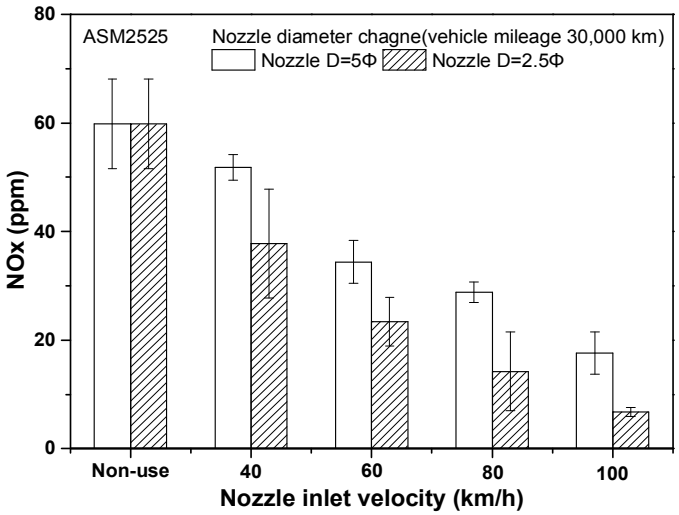


Fig. 46 Variation of NOx according to nozzle diameter of engine that driven of 30,000 km in the ASM2525 mode

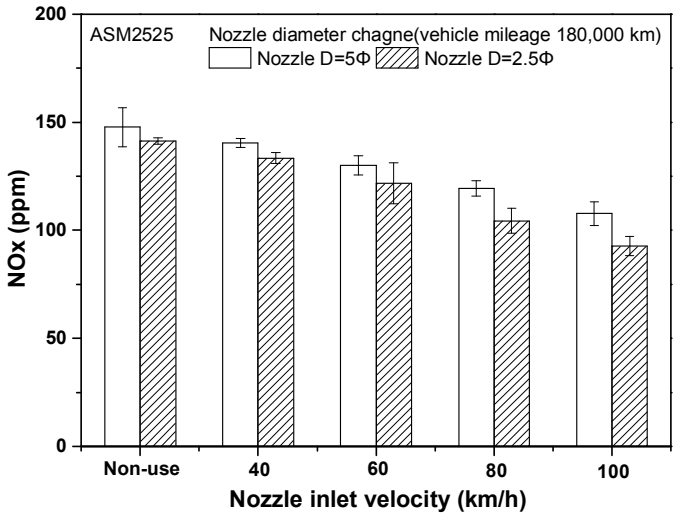


Fig. 47 Variation of NOx according to nozzle diameter of engine that driven of 180,000 km in the ASM2525 mode

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 6장 결 론

본 연구에서는 흡기매니폴드의 유동 성능을 향상시키기 위하여 노즐을 적용하여 흡기매니폴드 장치에 대한 유동해석을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 노즐을 적용한 흡기 매니폴드의 유동해석은 노즐의 각도(30°, 45°, 60°)가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 유속은 노즐 각도 30° 에서 확인되었다.

2) 엔진 회전수가 2000 rpm일 때, 노즐을 적용하지 않은 흡기 매니폴드 내부의 공기 유속은 22.03 m/s로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 증가함에 따라 직경 Φ2.5와 Φ5의 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 유속은 각각 45.6 m/s와 42.38 m/s로 증가하였다. 엔진 회전수가 3000 rpm일 때, 노즐을 적용하지 않은 흡기 매니폴드 내부의 공기 유속은 46.7 m/s로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 증가함에 따라 직경 Φ2.5와 Φ5의 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 유속은 각각 57.67 m/s와 57.25 m/s로 증가하였다. 엔진 회전수가 4000 rpm일 때, 노즐을 적용하지 않은 흡기 매니폴드 내부의 공기 유속은 70.2 m/s로 나타났으며, 노즐의 입구 속도가 증가함에 따라 직경 Φ2.5와 Φ5의 흡기 매니폴드 내부의 최고 공기 유속은 각각 85.68 m/s와 84.65 m/s로 증가하였다.

3) 해석 결과에서 공기의 유속을 가장 빠르게 하는 노즐의 각도 노즐의 각도 30° 를 기반으로 엔진 시뮬레이터 시스템에서 배출가스 성능 실험을 수행하였으며, 노즐 입구 속도가 증가함에 따라 주행거리 3만 km의 엔진에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 HC 배출가스는 노즐을 적용하지 않은 경우보다 각각 60.1%와 51.7% 감소되었다. CO 배출가스는 노즐을 적용하지 않은 경우보다 각각 51%와 41.5% 감소하였으며, NOx 배출가스는 각각 81.4%와 69.3% 감소하였다. 노즐 입구 속도가 증가함에 따라 주행거리 18만 km의 엔진에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 HC 배출가

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

스는 노즐을 적용하지 않은 경우보다 각각 60.3%와 35.6% 감소하였으며, CO 배출가스는 각각 49.6%와 35.6% 감소하였다. 또한, NOx 배출가스는 노즐을 적용하지 않은 경우보다 각각 21.3%와 30.3% 감소하였다.

4) 주행거리 3만 km의 차량에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5에 대한 엔진 출력은 노즐을 적용하지 않은 경우보다 각각 6.5%와 4.7% 향상되었다. 주행거리 18만 km의 차량에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5에 대한 엔진 출력은 노즐을 적용하지 않은 경우보다 각각 13.3%와 3.3% 향상됨을 확인하였다.

5) ASM2525 모드에서 주행거리 3만 km의 차량에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 HC 배출가스는 노즐을 적용하지 않은 경우보다 45.8%와 39.3% 감소되었으며, CO 배출가스는 47.8%와 34.8% 감소되었다. 또한, NOx 배출가스는 노즐을 적용하지 않은 경우보다 71.9%와 53.8% 감소되었다. 주행거리 18만 km의 차량에서 노즐 직경 Φ2.5와 Φ5의 HC 배출가스는 노즐을 적용하지 않은 경우보다 50.5%와 38.4% 감소되었으며, CO 배출가스는 56.9%와 43.1% 감소되었다. NOx 배출가스는 노즐을 적용하지 않은 경우보다 34.4%와 27.1% 감소되었다.

노즐의 적용은 엔진의 출력을 향상시키고 유해 배출가스인 HC, CO, NOx를 획기적으로 저감시킴을 확인하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

References

[1] 고등학교 자동차 이해, 충남대학교 공업교육연구소, p.26

[2] 고등학교 자동차 이해, 충남대학교 공업교육연구소, p.15-17

[3] 양동희., 2014, “부동액이 자동차 배출가스에 미치는 영향에 대한 실험적 연구.” ;남부대학교 석사학위 논문

[4] Kim, J. S., Kim, Y. J., Seo, C. W., Park, T. W., “Analysis of Test Results and Simulation Verification of Intake Manifold” , 2017 Spring conference of KSAE, KSAE17-S0091, 199-208 (2017)

[5] Park, J. S., Cho, J. G., Song, S. H., Cho, J. Y., Wang, T. J., “Evaluate the Effect of the Intake Manifold Geometry on Cylinder-to-cylinder Variation Using 1D-3D Coupling Analysis” , The Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 24, No.2, 161-168 (2016)

[6] Kim, Y. B., Na, C. K. R., Lee, J. K., Chu, D. H., Kim, Y. H., “ A study on development of plastic intake manifold for gasoline T-GDi engine” 2013년 한국자동차공학회 학술대회 및 전시회, 2013.11, 154-160

[7] Kim, B. J., Kim, S. T., Ma, J. W., Na, J. H., “ Analysis of Characteristics of Distributing Fluid Flow by Geometry of Manifold” 대한기계학회 2012년도 추계학술대회 논문집, 2012.11, 2881-2882 (2 pages)

[8] Kim, J. S., Kim, Y. J., Kim, S. Y., Park, T. W., “A Study on the Loss Factor Characteristics of Intake Manifold Bell Mouse R” 대한기계학회 CAE 및 응용역학부문 2017년도 춘계학술대회 논문집[2개 학회 공동개최], 2017.5, 355-359 (5 pages)

[9] Lee, J.W., Park, T.S., “ Effect of Exit Shape on Turbulent Outflows in a Distribution Manifold” 한국전산유체공학회지 Vol.19, No.1, pp.73-79, 2014. 3 / 73

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[10] Park, J. S., Lee, K. S., Song, S. H., Chun, K. M., "Optimization of Diesel Engine Performance with Dual Loop EGR considering Boost Pressure, Back Pressure, Start of Injection and Injection Mass", Transactions of KSAE, Vol. 18, No. 5, 136-144 (2010)

[11] Choi, Y., Lee, S.W., "Status of Domestic EGR Technology" 오토저널 제34권 제12호, 2012.12, 55-59 (5 pages)

[12] Hwang, S. K., Ko, A. H., Yoon, J. W., Myung, C. L., Park, S. S., Kim, E., "A Study on NOx Reduction Characteristics of LNT Catalyst with Fuel Injection Control in Light-duty Diesel Engine" Transactions of KSAE, Vol. 20, No. 4, pp.150-155 (2012)

[13] Kwon, S. K., Um, J. S., Kang, E. J., Seo, Y. H., "Analysis the effects of fuel economy due to the test condition changes in gasoline vehicles", 2015년 한국자동차공학회 학술대회 및 전시회, 2015.11, 203-206 (4 pages)

[14] Lee, S. H., Lee, C. H., Lee. J. W., Lee, S. H., Min, K. D., Kim, S. W., Lee, M. H., "The effect of intake air temperature on NOx emissions in light-duty Diesel vehicle and engine", 2013 Conference of KSAE, 126-128 (2013)

[15] Jang, J. H., Kim, H. J., Eom, M. D., Park, S. W., Munsoo Chon, M. S., "NOx emission characteristics of real driving emissions according to different driving area" 2015년 한국자동차공학회 학술대회 및 전시회, 2015.11, 210-210 (1 page)

[16] Kwon, S. J., Seo, D. C., Kang, M. K., Kang, S. J., Seo, Y. H., "Drive Quality Evaluation of Emission and Fuel Economy for Chassis Dynamometer Testing" 2017 한국자동차공학회 춘계학술대회, 2017.5, 296-296 (1 page)

[17] Kim, K. J., Chung, W. Y., Kim, M. S., Kim, C. Y., Myung, C. L., Park, S. S., "A Study on the Effect of Various Driving Conditions on Fuel Economy in Chassis Dynamometer and Real Dring Emission Tests" 2017년 한국자동

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

차공학회 추계학술대회 및 전시회, 2017.11, 280-280 (1 page)

[18] Oh, Y. J., Kwon, S. L., Eom, M. D., Park, S. W., "Numerical study on the work deviation in chassis dynamometer test impact on fuel efficiency and CO_2 emission" 2015 KSAE 부문 종합학술대회, 2015.5, 198-198 (1 page)

[19] Chen, A.W. and Sparrow, E. M., " Turbulence modeling for flow in a distribution manifold" International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.52, pp1573-1581(2009)

[20] D. Di-Penta, K. Bencherifand P. Y. LeMorvan, "System Approach for NOx Reduction:Double LNT Diesel After-Treatment Architecture," SAE 2011-01-0305, 2011.

[21] F.N. Alasfour, Nox emission from a spark ignition engine using 30% iso-butanolgasoline blend: part 2D-ignition timing, Appl. Therm. Eng. 18 (8) (1998) 609–618.

[22] T. Topgül, H.S. Yücesu, C. Çinar, A. Koca, The effects of ethanol-unleaded gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust emissions, Renew. Energy 31 (15) (2006) 2534–2542.

[23] Iodice P, Senatore A, Langella G, Amoresano A. Effect of ethanol–gasoline blends on CO and HC emissions in last generation SI engines within the cold-start transient: an experimental investigation. Appl Energy 2016;179:182–90.

[24] Dardiotis C, Martini G, Marotta A, Manfredi U. Low-temperature cold-start gaseous emissions of late technology passenger cars. Appl Energy 2013;111:468–78.

[25] Wang CM, Xu HM, Herreros JM, Wang JX, Cracknell R. Impact of fuel and injection system on particle emissions from a GDI engine. Appl Energy 2014;132:178–91. http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.06.012.

[26] C. Sayin, The impact of varying spark timing at different octane numbers

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

on the performance and emission characteristics in a gasoline engine, Fuel 97 (2012) 856-861.

[27] 양현수, 황갑운, 김운희, “자동차 공학”, 기한재, 2010.09.07., pp. 188-190.

[28] QROTECH CO., LTD., “AUTOMOTIVE EMISSON ANALYZER QRO - 401 OPERATING MANUAL”, pp. 1-18.

Collection @ chosun