

흡입 스월유동이 SI기관의 희박연소에 미치는 영향

정구섭* · 진충환** · 장영준**

The Effects of Intake Swirl Flow on Lean Combustion in an SI Engine

K-S Chung^a · C-H Jeon^{a*} · Y-J Chang^{a**}

Key words : Swirl control valve(스웰 조절밸브), Lean misfire limit(희박실화한계), Fuel injection timing(연료분사시기), Lean combustion(희박연소), Intake flow(흡입유동)

Abstract

Recently, the efforts to improve fuel economy and to reduce pollutant emission have become the main subject in the development of a gasoline engine. A lean combustion engine admitted as the best alternative is relatively lower fuel consumption rate and exhaust emissions. In this study, it is focused on intensifying intake flow field as one of methods to improve the performance of the lean combustion. First, three different types of suitable swirl control valve(SCV) with high swirl and tumble ratio are selected through steady flow experiment, being installed in a spark ignition engine. The relationship between lean misfire limit and torque was investigated with injection timing and spark ignition timing. Also, the effect of intensified swirl flow on the combustion stability and exhaust emissions was experimentally examined by the measuring in-cylinder pressure and combustion variation. The results show that the engine with swirl control valve is superior to other conventional engine on the lean misfire limit, specific torque, combustion variation and emission, and the appropriate injection timing and spark ignition timing exist according to the type of swirl control valve.

1. 서 론

최근의 가솔린기관 개발에 있어서 연비를 증진시키고 공해 배출물을 줄이기 위한 노력은 그 중심

주제가 되었다. 연료소비율은 기존의 기관에 비하여 낮으면서 유해물질의 배출이 적은 희박연소기판이 가장 현실적인 대안으로 인정되고 있다.¹⁾ 희박연소성능을 향상시키기 위한 방법으로서는

* 부산대학교 대학원 기계공학과

** 부산대학교 기계공학부, 기계기술연구소

연료의 분무를 미립화시키는 방법², 점화플러그에서 방전에너지의 양을 증가시켜 실화의 원인을 제거시키는 고에너지 점화방법, 기관의 흡입계의 형상을 변형시켜 스윙(swirl)이나 텀블(tumble)등의 유동을 실린더 내에 생성시키는 흡입유동장 강화방법³ 및 혼합기 공급시에 점화플러그 주위는 농후한 혼합기가, 먼 영역에는 희박혼합기가 공급되어 전체적으로 희박한 상태로 만드는 성층화 방법 등이 적용되고 있다.⁴ 그러나, 희박연소방식 기관은 초기 화염핵 생성이 불안정하고 화염전파속도가 낮기 때문에 사이클 변동이 증가하고 경우에 따라서는 이로 인한 연비의 악화를 초래하는 등의 문제⁵를 가지고 있으므로 이의 극복방안이 모색되고 있다.

Matsushita 등⁶은 스윙조절밸브(SCV)와 헬리컬포트가 가솔린기관의 성능과 연소에 미치는 영향을 밝힌 연구에서 스윙이 있는 기관이 스윙이 없는 기관에서 보다, 전 기관작동 영역에서 약 5%의 트르크가 증가하였으며, 희박연소 한계 공회전비도 18에서 23까지 증가시킬 수 있었고, 배기 재순환율도 10%에서 20%까지 증가시킬 수 있는 결과를 보여주었다. 배 등⁷은 텀블과 스윙유동이 초기화염전파에 미치는 영향에 관한 연구에서 순수 텀블보다는 스윙을 가미한 경사텀블(스윙)유동이 희박혼합기 연소에 더 유리하고, 텀블 및 경사텀블 형성이 희박연소의 안정성 증가를 위한 초기 화염속도를 증가시키는데 있어서 유용하며, 이를 통한 난류강도 증진과 화염전파간에 강한 상관관계가 있음을 밝혔다. 엽 등⁸은 가솔린 단기통기관에서 몇 가지의 포트 형상을 바꾸어가며 연료의 분사시기가 희박연소한계에 미치는 영향에 관한 연구에서, 성층화를 통하여 희박한계를 넓히기 위해서는 와류뿐만 아니라 적합한 연료분사시의 조정이 필요하다는 것과 연료분사는 흡입행정중에 실시되는 것이 기관의 희박연소한계에 영향을 더 줄 수 있다는 결론을 내리기도 하였다.

본 연구에서는 희박연소성능을 향상시키기 위한 방법의 일환으로 흡입유동장 강화에 주안점을 두고 검토하였다. 먼저 정상유동실험을 통하여 비교적 스윙 및 텀블비가 높은 몇가지 형태의 적절한 스윙조절밸브를 선정하였다. 선정된 스윙조절밸

브를 스콕크점화 기관의 흡입매니폴드와 흡입포트 중간에 장착한 후 증저속 부하상태에서의 연료분사시기와 점화시기를 조절하였을 때 희박가연한계와 출력의 상관관계를 살펴보고, 연소압력과 연소변동률 측정을 통하여 강화된 흡입유동이 연소안정성, 배기성능 등에 미치는 영향에 대해서도 실험적으로 고찰하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

Fig. 1은 유량, 스윙 및 텀블강도를 측정하기 위한 정상유동 실험장치로서 공기유입구로부터 VS 모터, 푸즈발로워, 소음기 및 서저탱크, 증류유량계, 실린더헤드, 마이크로 마노미터, 스트로보스코프 등으로 구성되어 있다. 흡입공기량을 측정하기 위하여 증류유량계를 설치하여 전주차압을 1~1000 mm H₂O 범위의 마이크로 마노미터로 측정하였고, 텀블 및 스윙강도 측정을 위하여 아크릴로 제작한 텀블 어댑터를 부착하여 실험하였다.

희박영역에서 흡입혼합기의 유동장 강화를 위하여 제작한 스윙조절밸브는 유량계수의 손실을 최소화하고 스윙강도를 최대도 강화시키려는데 초점을 맞춘 여러 가지 형상 가운데 3가지 형상을 선정하여 실험에 사용하였다. Fig. 2는 본 실험에서 선정하여 사용된 개구율(open ratio)이 서로 다

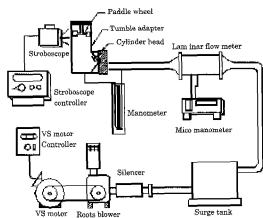


Fig. 1 Schematic diagram of steady flow apparatus.

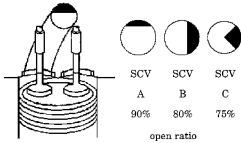


Fig. 2 Locations and configurations of SCV

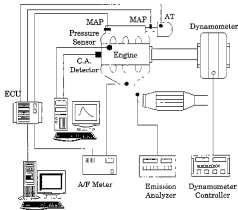


Fig. 3 Schematic diagram of experimental apparatus.

른 3가지의 형상의 스윙조절밸브 형상을 보여주고 있다. A밸브의 개구율은 90%이고 B밸브는 80%, C밸브는 75%이다.

Fig. 3은 기관의 성능을 측정하기 위한 실험장치도이다. 동력계, 연료소비를 측정장치, 배기 분석장치, 압력센서, 광역산소센서 등의 센서와 분사시기, 점화시기와 분사량을 조절해 줄 수 있는 프로그램이 가능한 전자제어장치(MS, motec)를 사용하여 기관을 제어하였고, 취득한 데이터는 데이터 취득 보드(DT2821)를 통해 PC에 저장시켰다.

실험에 사용된 기관의 제원은 Table 1과 같다. 실험은 운전조건에 따라 기준기관과 스윙조절밸브를 장착한 경우의 기관에 대하여 성능을 파악하였고, 스윙조절밸브의 형상을 변화시켰을 때 기관

성능의 변화를 비교·분석하였다.

2.2 실험 방법 및 조건

정상류 실험에서는 정상유동 실험장치를 이용하여 각각의 스윙조절밸브에 대한 흡입유량과 스윙 및 텀블강도를 측정하였다. 실험시 텀블양정은 0~8 mm까지 1 mm단위로 변화시켜 가며 조절하였으며, 흡입유량을 알아보기 위하여 충류유량계에서 나온 압력값으로 유량계수(C_p)를 산출하였다. 실린더내의 스윙강도와 텀블강도는 텀블이던트를 이용하여 무차원 와류값(NRS, NRT ; Non-dimensional rig swirl or 으로 나타내었다. 또한 무차원 스윙과 텀블값을 이용하여 유동각도(θ_r)를 구하였는데, 유동각도는 무차원 텀블과 무차원 스윙의 비로서 아래의 식으로 정의된다.⁶⁾

$$\theta_r = \tan^{-1} \left(\frac{NRT}{NRS} \right) \quad (1)$$

스윙조절밸브를 장착한 기관의 성능실험에서는 전부하, 정속모드 상태에서 실시하여 부하의 변동을 관찰하였다. 전 사이클에 걸쳐 연료 분사시기를 변화시켜가며 성능 인자들의 변화를 측정하였고, 분사시기는 분사시작 시점을 기준으로 하였다. 기관에 흡입되는 공기유량을 일정하게 유지해가며, 각각의 분사시기에 대해 연료의 양을 서서히 줄여 나가면서 화학연소한계 부근에 도달하면 연소불안정에 의한 기관의 사이클 변동과 부분연소의 영향으로 기관의 토크에 변화가 생긴다. 본 연구에서는 토크의 변동이 $\pm 3\%$ 이상일 때의 공연비를

Table 1 Base engine specification

		Specifications	Resources
General specification	cylinder		4
	bore (mm)		80.60~80.63
	stroke (mm)		88
	displacement (cc)		1796
	compression ratio		8.9
	idle engine speed(rpm)		750 \pm 100
		idle spark timing(deg.)	bTDC 5° \pm 1°
Valve open-closed timing	intake	open	bTDC 19°
		closed	aBDC 57°
	exhaust	open	bBDC 57°
		closed	aTDC 19°

Table 2 Experimental conditions

Engine type	Conventional	SCV A	SCV B	SCV C
Open ratio (%)	100	90	80	75
Engine speed	2500 rpm			
Injection timing	Variable			
Spark timing	bTDC 23°, MBT			
A/F ratio	Variable			
LOAD	Full load			

희박연소한계로 정의하였다. 이 희박한계 이상이 될 경우에는 점화의 실패나 부분연소 등과 같은 현상이 기관에 교란을 주어 사이클변동이 심하게 되어 기관이 불안정한 상태로 운전이 된다.

연소실내의 연소압력 측정은 압력센서들 1번 실린더에 장착하여 50사이클분의 압력을 취득하여 압력 사이클변동과 평균압력을 구하여 연소 안정성을 평가하였고, 배기 분석 장치를 통하여 배기농도 변화를 살펴보았다.

Table 2는 본 연구에서 정상류 실험에서 선정할 스윙조절밸브를 장착하여 유동강화를 시킨 경우와 그렇지 않은 경우에 대하여 설정한 실험조건을 나타내고 있다. 2500 rpm, 전부하 조건에서, 스윙조절밸브 형상에 따라 분사시기 및 점화시기를 변화시켜가며 실험을 수행하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 스윙조절밸브 형상에 따른 정실유동특성

정실유동실험을 통하여 선정된 3가지 형상의 스윙조절밸브를 장착한 경우에 대하여 유량계수, 무차원 스윙수, 텀플수 및 유동각도를 측정할 결과들 Fig. 4~Fig. 7에 나타내었다.

Fig. 4는 밸브양정에 따른 유량계수(C_f)의 변화를 나타내고 있다. 스윙조절밸브의 장착이 흡입유동에 대한 장애요소로 작용함으로써 기준기관에 비하여 유량계수가 감소하고 있고, 개구율이 가장 큰 A밸브가 가장 큰 유량계수를, 밸브B와 C는 비슷한 유량계수를 보이면서 밸브양정 7, 8부근에서 크게 떨어지고 있음을 알 수 있다.

Fig. 5와 6은 각각 무차원 스윙(NRS)과 무차원

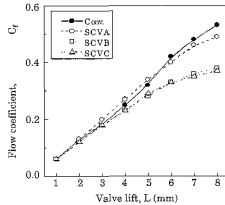


Fig. 4 Effects of SCV configuration on flow coefficient.

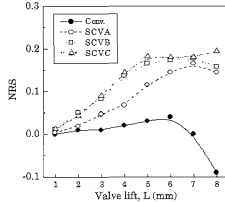


Fig. 5 Effects of SCV configuration on non-dimensional rig swirl.

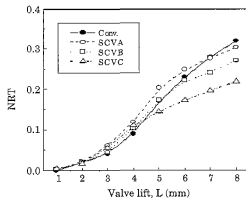


Fig. 6 Effects of SCV configuration on non-dimensional rig tumble

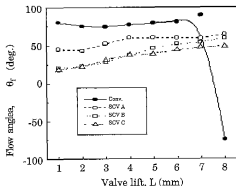


Fig. 7 Effects of SCV configuration on flow angle

펌플(NRT)의 강도를 나타내고 있다. 무차원 스윙의 절대값은 스윙조절밸브를 장착함으로써 전체적으로 강하게 나오고 있고, 특히 밸브 B와 C에서 상당히 강함을 알 수 있다. 특히, 기존의 기관에서 발생하는 스윙은 밸브양정이 증가함에 따라 스윙의 방향이 반전하는 것이 생기나 스윙조절밸브를 장착하였을 때는 항상 일정한 방향의 강한 스윙이 발생하는 것을 관찰할 수 있다. 무차원 펌플의 경우 스윙조절밸브 장착에 따라 전반적으로 감소하고 있으며 밸브 A, B, C의 순서로 무차원 펌플값이 감소하고 있음을 알 수 있다. 이것은 2밸브 SOHC 기관 특성상 SCV를 장착하지 않는 상태에서 유동 실험을 한 결과 펌플강도가 스윙강도에 비하여 월등히 크게 나타나고 있음을 보여주고 있다.

이상의 무차원 스윙과 펌플값을 이용하여 유동각도(θ)를 구한 것을 Fig. 7에 나타내었다. 스윙조절밸브를 장착하지 않은 기존기관의 경우 유동경사각이 약 80° 정도로 스윙유동에 비해 펌플유동이 지배적이라는 것을 발견할 수 있고, 스윙조절밸브를 장착함으로써 스윙유동이 강화되어 밸브양정이 8 mm에서도 유동경사각이 $40^\circ \sim 60^\circ$ 범위로 줄어들음을 볼 수 있고, 전 밸브양정 영역에서의 평균 유동경사각은 이보다 작아짐을 알 수 있다. Furuno 등¹⁹⁾은 4밸브 회박연소기관에서 스윙조절밸브를 한쪽 흡입포트에 장착하고, 흡입밸브에 슈라우드를 부착한 상태에서 정상유동실험을 통하여 스윙경사각도를 측정 한 연구에 따르면 45° 경사 스윙유동의 난류강도가 가장 좋은 효과를 주고

있음을 밝힌 바와 같이, 스윙조절밸브를 장착해서 유동각도를 줄임으로써 연소량상에 기여하리라 사료된다.

3.2 회박한계와 출력특성 및 배기특성

Fig. 8은 각각의 스윙조절밸브 형상에 따른 회박한계를 분사시기 변화에 따라 나타낸 것이다. 점화시기를 23° bTDC로 고정한 상태로 회박한계를 조사하였는데, B밸브의 회박한계가 전반적으로 다른 스윙조절밸브 형상에 비해 높게 나타났다. B와 C밸브는 개구율과 스윙비가 비슷하나 C밸브는 분사된 연료가 스윙조절밸브의 중앙에 충돌함으로써 벽면부착과 함께 충돌에 의한 무와 등에 의해

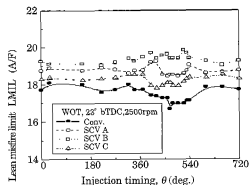


Fig. 8 Effects of SCV configuration on lean misfire limit

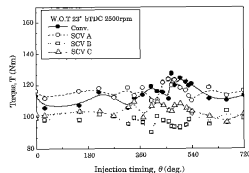


Fig. 9 Effects of SCV configuration on torque at LML conditions.

성충화보다는 어느 정도 균일한 희박혼합기가 형성되어 희박한계가 줄어든 것으로 사료된다. 그리고 A밸브는 개구율이 다른 형상들에 비해 커서 유량계수는 기존의 기관보다 떨어지지 않으나 스윙비가 다른 형상에 비해 낮아 희박한계가 B밸브에 비해 낮게 되는 것으로 보인다.

또한 같은 조건하에서 희박한계점에서의 토크의 변동을 Fig. 9에 나타내었다. A밸브는 B밸브에 비해 Fig. 8에서와 같이 상대적으로 공연비가 높후한 조건이므로 토크가 높게 나타났고, 가장 희박한계가 큰 B밸브의 형상이 토크값이 가장 낮게 나타났다.

Fig. 10은 점화시기를 MBT로 진각시킨 상태에서 희박한계를 분사시기 변화에 따라 나타내었다. B밸브의 희박한계는 점화시기를 고정했을 때 뿐만 아니라 점화시기를 MBT로 진각시켰을때에도 가장 높은 값을 보이고 있고, 전체적으로 MBT로 진각시켰을 경우가 23° bTDC로 고정시켰을 경우보다 희박한계가 더 높음을 알 수 있다. 여기서 흡입행정(360°~540°)초기와 말기 부분에 연료를 분사한 경우 희박한계가 비교적 높게 나타나는데, 흡입행정 초기부분에 있어서는 분사된 연료가 공기유동을 따라 움직이다 농후한 혼합기가 점화플러그 근처에 존재할 때 점화가 이루어져 희박한계가 다른 행정보다도 높아진 것으로 사료되고, 말기부분에 분사한 경우는 스윙비가 커져서 희박한

계가 높아진 것으로 생각된다. C밸브의 경우를 보면 점화시기를 고정시켰을 때에는 희박한계가 크지 않으나 MBT로 진각시켰을 경우는 크게 늘어나 A밸브보다 희박한계가 더 높아지는 것을 볼 수 있다.

따라서 각각의 스윙조절밸브에 의한 흡입유동에 따라 점화시기의 선택이 희박한계를 더 높일 수 있다고 볼 수 있다.

Fig. 11은 MBT로 진각시켰을 경우에 희박한계점에서의 토크의 변동을 나타내고 있다. A밸브는 기존기관보다 더 희박하지만 토크는 더 높게 나타나고 있고, 다른 형상보다는 공연비가 상대적으로 높후하므로 토크값이 높게 나타났다.

Fig. 12, 13은 희박영역에 대하여 점화시기 23° bTDC와 MBT조건에서 각 스윙조절밸브 형상에 따른 비토크를 보이고 있다. 여기서 비토크는 이론공연비, MBT조건에서의 최대출력을 1로 했을 경우, 각각의 출력을 비율로 표시한 것이다. 공연비가 동일한 경우, 스윙조절밸브를 장착하고 흡입행정 중에 연료를 분사했을 때 더 높은 비토크값이 나온다. 특히 B밸브가 더 높은 비토크 값을 보이는 것으로 보아 다른 형상에 비해 스윙비와 성충화가 더 잘 이루어지고 있다는 것을 알 수 있다. C밸브를 보면 Fig 13에서 비토크는 점화시기가 MBT로 진각됨에 따라 상당히 향상되어지고 있음을 볼 수 있다. 이는 앞에서의 점화시기를 변화시켰을 경우에 희박한계에도 상당히 늘어났듯이, 비토크도 점화

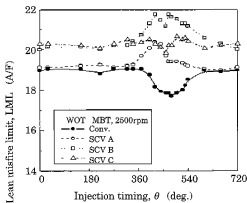


Fig. 10 Effects of SCV configuration on LML at MBT condition

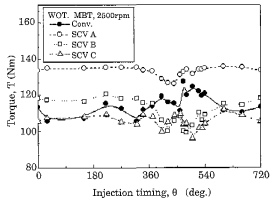


Fig.11 Effects of SCV configuration on torque at LML conditions

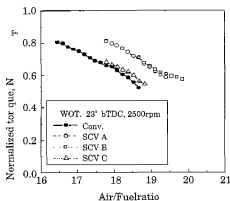


Fig.12 Effects of SCV configuration on normalized torque

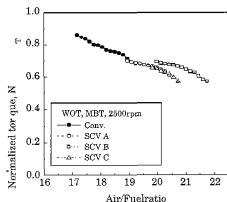


Fig.13 Effects of SCV configuration on normalized torque at MBT condition

시기 변화에 영향을 받고 있으며, 유동의 변화에 따른 회로의 점화시기가 존재함을 알 수 있다.

각 사이클간의 연소변동과 연소안정성을 판단하기 위하여 각각의 스윙조절밸브를 장착한 경우에 연소최고압력, 연소변동률 및 급속연소기간을 Fig. 14~16에 나타내었다. Fig. 14에서 보는 바와 같이 A밸브는 흡입행정초기에, B밸브는 흡입행정중간에 압력이 가장 높게 나타나고 있고, C밸브는 다른 스윙조절밸브와 비교해 연소 최고 압력의 변화가 크게 나타나지 않고 있다. 이것은 앞의 회박한계 실험에서도 알 수 있듯이 전반적으로 균일한 혼합기로서 연소가 되고 있고, 또한 흡입행정 중에

는 성층화 효과가 그다지 크게 작용하지 않고 있는 것을 알 수 있다.

특히, B밸브의 연소변동률을 살펴보면 Fig. 15에서 보는 바와 같이 흡입행정중에 연료가 분사된 경우에 다른 행정에 비해 최고 연소압력값이 높지만, 연소변동률은 작아짐을 알 수 있다. 이는 흡입행정 중에 연료를 분사하였을 때, 점화플러그 주위에 농후한 혼합기가 형성되어 어느 정도의 성층화가 이루어져 이러한 결과가 나오지 않았는가 생각되어진다.

이를 다시 명확히 보기 위하여 분사시기 변화에 따른 10%에서 90%까지 질량연소를 나타내는 급속연소기간을 Fig. 16에 나타내 보았다. B와 C는 A밸브에 비해 스윙 유동이 강화됨으로서 급속연소기간이 상당히 단축되어 있음을 알 수 있다. 또한, A와 B밸브에서 흡입 행정 중에 연료를 분사한 경우는 급속연소기간이 다른 행정에 비해 짧아지고 있고, 특히 밸브 B가 흡입행정초기에 급속연소기간이 더 짧아짐을 알 수 있다. 이것으로 보아 앞의 실험의 결과와 마찬가지로 밸브 B는 혼합기의 성층화에 의하여 연소속도가 향상되어 연소기간이 줄어들었음을 보인 것이라 판단되어지고, 밸브 C는 전 행정에 대해 급속연소기간이 큰 차이를 보이고 있지 않는 것으로 미루어 보아 성층화에 의한 연소속도의 향상이라기 보다는 스윙 유동강화에 의한 결과라 보여진다.

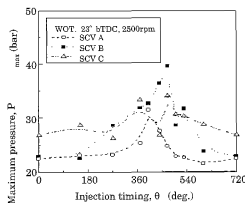


Fig.14 Maximum pressure as a function of injection timing

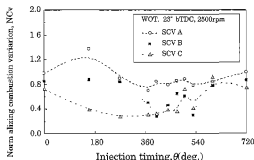


Fig.15 Normalizing combustion variation for injection timing

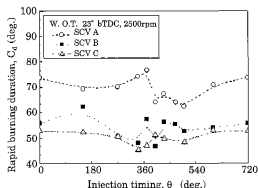


Fig.16 Rapid burning duration for injection timing

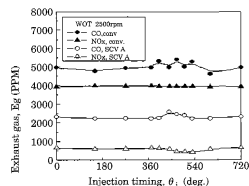


Fig.17 The effects of injection timing on emissions for conventional and SCV A (2500rpm, full load, 23° bTDC)

같은 조건에 대하여 기관의 분사시기 변화에 따른 배출되는 배기를 분석한 결과를 Fig. 17, 18에 도시하였다. 유해 배출 가스 저감을 위하여 주요 관심사가 되고 있는 CO, NOx에 대하여 살펴보면, 스윙조절밸브를 장착하지 않은 기존기관에서 CO, NOx의 농도는 전반적으로 모든 행정에서 높게 나타났다. A밸브를 보면 전체 행정에서 큰 차이는 없지만, 다른 행정에 비해 흡입행정에서 연료를 분사한 경우 CO의 양은 늘어나고 NOx의 양은 줄어드는 것으로 보아 연소안정화의 미흡으로 인한 불완전연소 때문인 것으로 사료된다. B밸브의 경우는 A와 달리 질소산화물의 배출이 전 행정에 걸쳐 많아지고 있고, 흡입행정 과정에 연료를 분사한 경우 일산화탄소의 양은 줄어들고, 질소산화물은 늘어나는 것을 볼 수 있다. 이것은 연료를 흡입행정 중에 분사한 경우에는 연소의 안정화로 인하여 일산화탄소의 양은 줄어들었지만, 연소온도가 높아져 질소산화물의 양은 증가한 것으로 보인다. C밸브의 경우는 흡입행정에서 연소온도가 높아 질소산화물이 증가하고 일산화탄소의 양도 다른 행정에 비해 증가하는 경향을 보인다. 이는 C밸브의 행상이 흡입포드 중간을 막고 있어 분사된 연료가 스윙조절밸브에 충돌하여 무와가 촉진되기도 하지만, 벽면 부착의 효과도 존재하여 이로 인한 미연 성분의 증가로 일산화탄소의 양이 증가하고, 또한 충돌하지 않는 부분의 연료는 그대로 연소실내로 흡입되어 어느 정도 성층화를 이루므로서 연소가 촉진되어 질소산화물의 양도 증가한 것으로 사료된다.

위의 결과에서도 알 수 있는 바와 같이 유해 배기의 전반적인 감소를 얻는 스윙조절밸브를 선정하기는 쉽지 않으며 그러한 밸브형상도 적용하고자 하는 기관의 운전조건에 따라 상당히 변화할 것으로 예상된다. 그러나, 배출가스에 대해서도 비교적 유리한 스윙조절밸브의 선정은 가능하며, 본 연구의 경우 스윙조절밸브를 장착하지 않은 경우에 비하여 일산화탄소의 배기 농도는 B밸브가, 질소산화물의 경우는 A밸브가 전반적으로 양호한 결과를 얻고 있다.

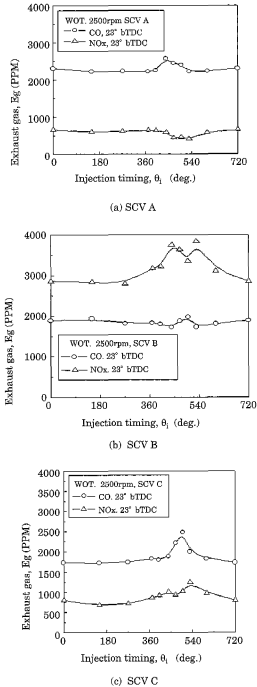


Fig.18 The effects of injection timing on emissions for SCV A, B, C

4. 결 론

본 연구에서는 가솔린기관의 희박연소성능을 향상시키기 위한 방법의 일환으로 정상유동실험을 통하여 몇가지 형태의 적절한 스월조절밸브 선정하였고, 선정된 스월조절밸브를 장착한 기관 성능실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 기관 실린더내에 생성되는 유동은 주로 탐본유동이 지배적인데, 스월조절밸브를 장착함으로써 스월유동의 강도가 상당히 향상되었고, 유동각도도 줄어 기관기관의 경우에 비해 유동의 난류강도가 커짐을 실험적으로 확인할 수 있었다.

2) 스월조절밸브를 장착한 기관이 기관기관에 비하여 희박연소한계가 늘어났으며, B형태의 스월조절밸브가 점화시기를 23° bTDC로 고조했을 뿐만 아니라 MBT로 전각시켰을 경우에도 가장 높은 값을 나타내었다. 하지만 적합한 분사시기 및 점화시기의 선택이 스월조절밸브 형상에 따라 희박한계를 더 높일 수 있다고 보여진다.

3) 스월조절밸브를 장착하여 실린더 내로 유입하는 혼합기류의 스월 효과를 증진시킴에 따라 희박연소한계, 비토크, 연소변동률, 유해배기농도저감의 효과가 있었고, 스월조절밸브 형상에 따라 그 형상에 적합한 분사시기와 점화시기가 존재하였다.

참 고 문 헌

1. Aparicio, J., Gomez and Paul E., Reinke., "Lean Burn: A Review of Incentives, Methods and Tradeoffs", SAE Paper, No. 880291, 1985.
2. Kazumitsu Kobayashi and Seiichi Shiga, "Effect of Fuel Atomization at a Fuel Supply System on the Lean Burn Characteristics in a Spark Ignition Engines", SAE Paper No. 910568, 1991.
3. Evans, R. L., "Combustion Chamber Design for a Lean-Burn SI Engine", SAE Paper No. 921545, 1992.
4. Matsushita, S., Inoue, T., Nakanishi, K., and Kobayashi, N., "Development of Toyota Lean Combustion System", SAE Paper No. 850044, 1985.

5. Kalghatgi, G. T., "Spark Ignition, Early Flame Development and Cyclic Variation in IC Engines", SAE Paper No. 870163, 1987.
6. Matsushita, S., Inoue, T., Nakanishi, K., Okumura, T., and Isogai, K., "Effects of Helical Port with Swirl Control Valve on the Combustion and Performance of SI Engine", SAE Paper No. 850046, 1985.
7. 배충식, 이재호, 오승묵, 강건용 "4-밸브 SI엔진에서 텀블, 스윙유동의 영향에 따른 화염진과 과정", 한국자동차공학회 논문집 제7권 제2호 pp. 50~58, 1999.
8. 엄인용, 정경석, 정인식, "가속된 엔진의 연료분사시기가 최적연소에 미치는 영향에 관한 연구", 한국자동차공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 51~56, 1996.
9. Arcoumanis, C., Hu, Z., and Whitelaw, J. H., "Steady Flow Characterization of Tumble Generation Four-Valve Cylinder Heads" IMechE 1993 processing Instru. Mech. Eng., Vol. 207, pp. 1~9, 1993.
10. Furuno, S., Iguchi, S., Oishi, K., and Inoue, T., "The Effects of Inclination Angle of Swirl axis on Turbulence Characteristics in a 4-valve Lean burn Engine with SCV", COMODIA 90, pp. 437~442, 1990.
11. 정구성, 김형준, 권중환, 장영준, "SCV를 장착한 가솔린 가시화엔진에서의 연소특성", 한국박용기공학회 제25권 제1호, pp. 115~123, 2001.

저 자 소 개



정구성(鄭鉉聖)
 1968년 9월생. 1992년 부산대학교 생산기계공학과 졸업. 1995년 동대 대학 생산기계 공학과 졸업(석사). 1999년 동대학원 기계 공학과(박사)수료. 1995~1996 LG전자 기술 개발연구소 연구원. 1996~현재 진주전통대학 자동차계열 조교수. 대학원 정회원.



전중환(全忠煥)
 1962년 10월생. 1985년 부산대학교 기계공학과 졸업. 1988년 동대학원 기계공학과 졸업(박사). 1994년 동대학원 기계공학과 졸업(박사). 1995~1996 원삼베니아주립대 추진공학연구소 Post.Doc. 현재 부산대학교 기계공학부 교수. 대학원 정회원.



장영준(張英俊)
 1947년 5월생. 1975년 부산대학교 기계공학과 졸업. 1977년 동대학원 기계공학과 졸업(석사). 1986년 일본 동경공업대학 대학원 기계공학과 졸업(박사). 현재 부산대학교 기계공학부 교수. 대학원 정회원.