

〈논 문〉 SAE NO. 97370030

Single-Cycle기법을 이용한 포핏밸브형 2-행정기관의 RSSV형상에 따른 소기효율 측정에 관한 연구

A Study on the Scavenging Efficiency Evaluation for the RSSV Configuration of 2-Stroke Engine with Popet Valve Type Using Single-Cycle Method

이진욱*, 강건용*, 정용일*, 이주헌**, 박정규**
J. W. Lee, K. Y. Kang, Y. I. Jeong, J. H. Lee, J. K. Park

ABSTRACT

This paper deals with the measurement and analysis on the scavenging performance of the popet-valve type two-stroke engine with different shroud system. The scavenging flow characteristics is investigated by flow visualization under steady condition, in which a dye is introduced into the cylinder to observe the pathline of the scavenging flow with different shroud geometries. And single-cycle method using the difference of specific gravity between two working fluids is used to evaluate the scavenging efficiency and the trapping efficiency. The 90° shroud system was found to be the highest efficiency system through both flow visualization and single-cycle test, as well as the shroud system to generally be efficient for reducing a short-circuiting flow during scavenging process in a two-stroke engine.

주요기술용어 : RSSV(Rotatable Shrouded Scavenging Valve, 회전가능한 소기 슈라우드 밸브), Reverse tumble(역텀블), Single-cycle method(단사이클 기법), Scavenging efficiency(소기효율), Flow visualization(유동가시화), Water flow rig test(유동 리그 실험)

1. 서 론

최근들어서 대기 오염의 가장 큰 요인으로 지적되고 있는 자동차의 배기가스를 줄이려는 연구가 자동차 업계와 연구소에서 활발히 행해지고

있다. 자동차 엔진의 저배기 기술은 전 지구적인 환경보호의 차원에서뿐만 아니라, 현재 자동차 산업이 국가 기반 산업으로 자리잡고 있는 우리나라의 경우, 자동차 선진 생산국으로의 도약과 선진국들의 수입 규제에 맞서기 위해서 반드시 확보를 해야 하는 기술이다. 현재 활발히 연구가 수행중인 저배기 기술로는 DPF(디젤후처리 장치), 희박연소, 전자제어기술등이 있으나, 실현

* 정회원, 한국기계연구원 동력시스템연구부

** 정회원, 건국대학교 기계공학과

여부가 불투명한 상태이다. 따라서, 현재 자동차 엔진의 주종을 이루고 있는 4-행정기관에 원리적으로는 가장 근접한 위치에 있고 유리한 잇점이 많으나, 새부 기술면에서 해결하기 어려운 문제가 많았던 2-행정기관에 대한 가능성이 관심 있게 검토되고 있다.

2-행정엔진의 특징을 간단히 살펴보면 기존의 4-행정엔진에 비해 2-행정엔진은 폭발 횟수가 2 배이며, 이에 따라 배기량당, 엔진 중량당 토크와 출력이 크며, 따라서 엔진을 콤팩트하게 설계할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한, 구조가 간단하기 때문에 경량화와 경비 절감의 잇점도 가지고 있다. 그러나 기존의 2-행정기관들 즉, 횡단(cross)소기식, 루우프(loop)소기식, 유니플로우(uniflow)소기식은 모두 실린더 라이너 아래 부분에 포트가 위치하여, 유탄유의 과다 소비 문제와 흡·배기밸브가 거의 동시에 열리기에 발생하는 단거리 통과유동(short-circuiting)으로 인한 신기의 손실이라는 단점을 갖고 있었다¹⁾. 이런 형태의 엔진에서는 비록 연료 분사 시스템을 채택해 연료 소비율은 증가시키는 방법이 사용되었으나, 위에서 언급한 문제들을 해결하는데는 실패하였다. 따라서 2-행정 엔진은 큰 행정체적과 대기통 엔진에서는 이용이 불가능하다고 간주되어져 왔었다²⁾. 그러나 4-행정기관에서 주로 사용되는 포핏밸브형 실린더를 2-행정기관에 적용할 경우, 포트의 위치가 실린더 라이너 밑에서 실린더헤드부로 바뀌어, 유탄유의 과다 소모 문

제는 어느 정도 해결되게 된다^{3),4)}. 그러나 흡·배기밸브의 간격이 좁아짐에 따라, 신기의 일부가 실린더에 잔류하지 않고 배기포트로 직접 빠져나가는 단거리 통과유동이 여전히 해결되지 않는 문제로 지적되어져 왔다.

본 연구에서는 유탄유의 과다 소모 문제를 해결하기 위해 포핏밸브형 2-행정엔진을 사용하여 흡기밸브 형상 변화에 따른 소기유동 및 효율의 개선 효과를 해석하기 위하여 레이저시트를 이용해 각 흡기밸브 형상별 소기유동가시화 연구를 수행하고, 그에 따른 소기효율 정량화를 위해 간단하면서도 실용적인 single-cycle method⁵⁾를 이용한 측정실험을 수행하여 최적의 소기유동 시스템을 개발하고자 한다.

2. 소기유동가시화 실험

현재까지 2-행정엔진의 효율들을 개선하기 위해 실린더헤드부에 흡기포트가 위치한 포핏밸브형 엔진을 연구중인 방법으로 리카르도사의 소기 방식³⁾과 도요다자동차의 마스크기법⁴⁾, 시바우라 공대와 혼다사에서 연구중인 슈라우드방식⁶⁾의 세 가지를 들 수 있다. 리카르도사의 소기 방식은 Fig.1(a)에 보여지듯, 기존의 흡·배기포트부는 실린더 헤드부에 수평상태로 놓여져 있는 반면에 이 소기방식에서는 흡기포트부를 수직을 세워 실린더내로 흡입되는 유동이 역텀블(reverse tumble)의 형태를 이루게 하는 방식을 취하고

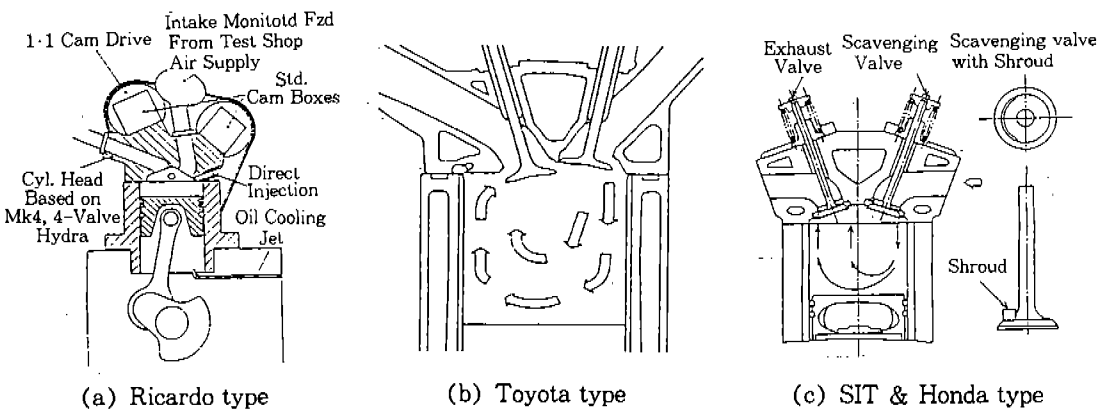


Fig.1 Scavenging system of the Poppet valve type 2-stroke engine

있다. Fig.1(b)의 도요다 마스크 기법은 흡기포트부의 변형부위(마스크)가 실린더내로 들어오는 신기의 유동을 바꿔 역턴블로 만드는 방식이며, Fig.1(c)의 슈라우드 방식은 흡기밸브 시트부에 슈라우드를 장착하여 유동 방향을 바꿔 주는 형식이다.

2-행정엔진의 소기과정은 대략 BBDC 75도에서 ABDC 65도 사이에서 발생되고, 이때의 피스톤의 위치는 하사점부근의 행정길이의 1/4 위치에서 움직이며 실린더내 흡입되는 유동생성원은 4-행정엔진에서는 피스톤 하강 운동에 의해 흡입되는 것에 비해, 2-행정엔진의 경우에는 흡기포트의 과급된 공기로부터 흡기밸브를 통해 유입되는 신기이다. 따라서, 실제소기과정 동안 피스톤이 움직이지 않고, 이때의 흡기밸브와 배기밸브는 완전히 열려 있는 상태의 정상 상태로 가정해도, 실제의 포핏밸브형 2-행정엔진의 소기시스템에 대한 유동특성과 유사하며 유용한 결과를 얻을 수 있게 된다.⁷⁾ 실린더내의 소기유동은 실제 엔진의 작동범위에서 상당히 빠른 속도로 이루어지므로 가시화에는 어려움이 따르게 된다. 따라서, 공기 대신 물을 사용하면 유체의 속도를 낮출 수 있고, 가시화에 효율성을 높일 수 있다. 작동유체를 물로 함에 따라 레이놀즈 상사법칙을 다음과 같이 적용하여 공기 속도에 상당하는 물의 속도를 구할 수 있다.

$$Re = (V_p D_p) / \nu \tag{1}$$

윗식에서 V_p 는 피스톤 속도, D_p 는 피스톤 직경, ν 는 실험에 사용된 유체의 동점성 계수를 나타낸다. 실제 실험에선 사용되는 피스톤과 동일한 크기의 피스톤을 사용하였으므로, 엔진회전수에 상당하는 피스톤 속도는 공기와 물의 동점성계수비로서 결정되게 된다. 실제 엔진에서 흡입되는 공기의 동점성계수는 66°C에서 $25.0 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 이며, 실험에 사용된 물의 온도는 21°C에서 $0.92 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 의 동점성계수를 가지므로 공기 대신 물을 작동 유체로 할 경우, 레이놀즈 상사를 만족시키는 엔진 회전수는 실제 엔진 회전수의 1/27로 감소된다. 따라서, 물을 이용한 정상

상태 실험에서는 공기를 이용해 가시화하는 조건에서보다 유속을 1/27로 줄여서 실험을 수행하였다. 소기 과정의 시각적 효과를 높이기 위해 염료를 주입할 수 있도록 염료주입 장치를 만들었다. 실험에 사용된 가시화 실험장치와 실린더의 제원이 Fig.2와 Table 1에 나타나 있다.

포핏밸브형 2-행정엔진의 실린더에서 최적의 소기유동 시스템을 개발하기 위해 Fig.3에서와 같이 슈라우드의 형상을 변화시켜 실험을 하였으며, 또한 단거리 통과 유동을 막고 역턴블을 이루는 방법중 하나인 마스크 기법도 실험하였다. 실험은 밸브양정 8mm에 대해서 엔진 회전수 2500rpm에 해당하는 51.0 l/min에서 수행되었고, 소기유동의 형태를 관찰하기 위해 실험에 사용된 염료는 물에 잘 확산되지 않으며, 비중이 물과 같은 유성 녹색 게이지 염료이다. 또한 염료는 형광 물질로 되어 있어서 레이저빔 투사시 염료의 위치를 더욱 선명하게 관측할 수 있게 해준다.

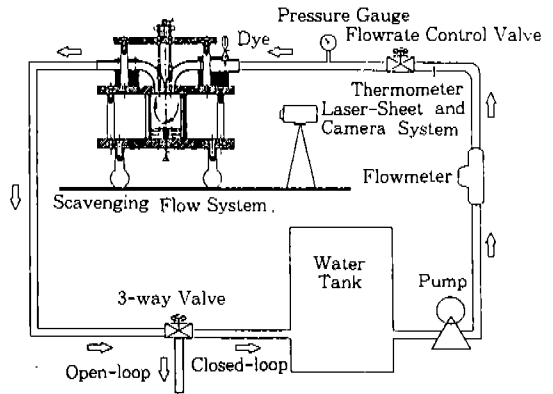


Fig.2 Schematic of Experimental setup for Scavenging flow visualization

Table 1 Engine Specifications

항 목	사 양(mm)
실린더 직경	86
행 정	94
흡입밸브직경	22
배기밸브직경	26
흡·배기밸브 양정	8

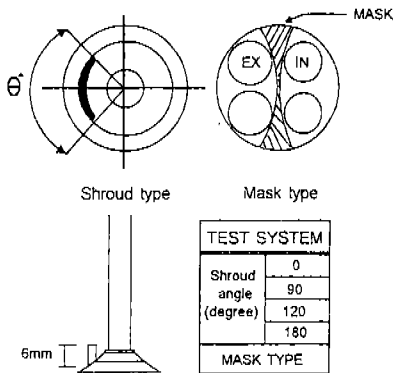


Fig.3 Various RSSV configuration

3. Single-cycle method를 이용한 소기유동 정량화 실험

2-행정엔진에서 가장 정확한 실린더 내부의 효율을 구하는 방법은 실제 엔진에서의 측정 실험일 것이다. 그러나 이 방법은 실제 완성된 형태의 엔진에서만 적용이 가능하고 이들 효율의 계산은 주로 gas sampling method로 계측되어져 왔다. 그러나 기체를 사용하기 때문에 실린더 내부에서 일어나는 정확한 소기효율 측정에 어려움이 따르게 되고, 실린더 내부의 소기유동 관측에도 문제점을 가진다. 따라서 앞의 정성적인 해석을 보완하는 개념적 측정 방법인 single-cycle method를 적용하여 포핏밸브형 2-행정엔진의 흡기밸브 형상 변화에 따른 효율 측정에 이용하고자 한다. 정량적 측정 방법인 Single-cycle method 실험 방식은 몇 가지 종류가 있으나, 본 연구에선 유동의 가시화가 가능하고 실험의 편의성을 도모하기 위해, 염료가 섞인 물과 케로신(등유)의 비중차를 이용하여 실험을 수행하였다. 대부분의 염료는 물과 케로신에 모두 녹는 경향을 보이므로, 케로신에 대해 불용성의 성질을 갖는 “Rodamine B”라는 붉은색의 염료를 사용하여 실험의 편의성을 도모하였다.⁶⁾

실험에서 사용된 실린더 체적은 Table 1과 동일하나, 앞에서 사용된 실린더의 재질이 유동 가시화를 위한 pyrex glass인 반면, 본 실험에서는 실린더내의 효율 측정이 목적인 관계로 투명성은

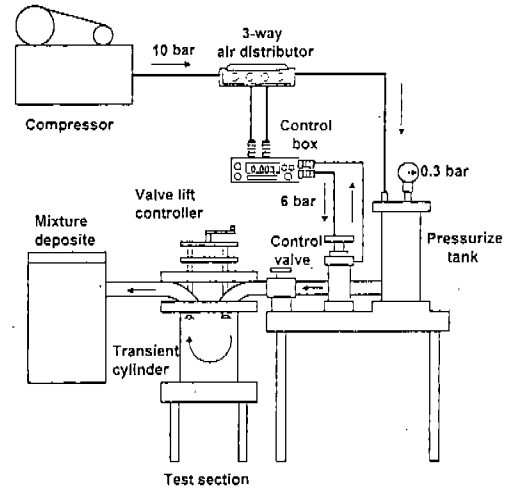


Fig.4 Schematic of Single-cycle method test setup

약간 떨어지나, 강도 면에서는 우수한 투명 아크릴을 사용하였다. Fig.4에 실험장치의 개략도가 그려져 있다. 실제 엔진에서는 배기밸브가 흡기밸브보다 먼저 열리나, 그 시간은 극히 짧고 BDC에서는 흡·배기밸브 모두가 열린 상태이므로 실험에서 두개의 밸브를 모두 열린 상태로 실험해도 실제 상황과는 큰 차이를 보이지 않기에, 본 실험에서는 피스톤이 BDC인 상태에서 시작된다. 밸브양정은 흡·배기밸브 모두 8mm로 고정되어 있고, 흡기밸브를 통해 신기로 가정한 염료가 섞인 물이 들어오게 된다. 흡기포트는 흡입 유량 제어 밸브에 연결되어 있고, 흡입 유량 제어 밸브는 가압탱크에서 나오는 유량의 조절 역할을 한다.

2-행정엔진의 성능은 소기효율(scavenging efficiency, η_s)과 급기효율(trapping efficiency, η_t)로 크게 계산되어 질 수 있으며, 실험에서는 위의 두 가지 효율들이 스쿠어드의 형상 변화에 따라 어떻게 변화하는지를 관찰하였다.

2-행정엔진에서 효율들의 정의는 4-행정엔진의 그것과는 약간의 차이가 있다. 4-행정엔진과는 달리 2-행정엔진에서 쓰이는 효율들은 아직 통일된 정의가 없으나, 본 논문에서는 보편적으로 쓰이고 있는 미국자동차공학회(SAE)의 정의

를 사용하였다. Fig.5와 같이 실린더내로 들어가는 신기의 체적을 V_1 이라 하고, 소기 과정이 끝난 후 실린더내에 남아 있는 신기의 체적을 V_2 , 실린더의 체적을 V 라 하면, 급기비(delivery ratio, Λ)는 다음과 같이 정의된다.

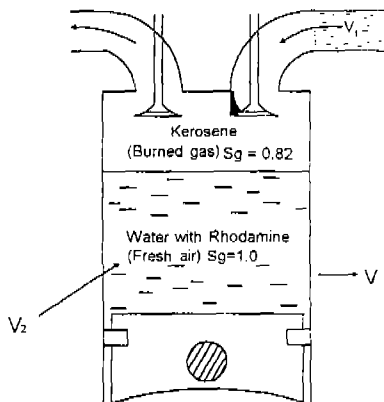
$$\Lambda = \frac{V_1}{V} \quad (2)$$

즉, Λ 는 이상적인 급기과정에서 요구되어지는 공기 질량과 실제 소기 공기 질량을 비교한 것이다. 실린더로 실제 공급되어지는 공기가 어느 만큼 남아 있는가를 나타내는 급기효율(η_u)은

$$\eta_u = \frac{V_2}{V_1} \quad (3)$$

로 정의되어진다. 실린더 체적을 얼마만큼 효율적으로 신기로 채웠는가를 나타내는 소기효율(η_s)은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\eta_s = \frac{V_2}{V} \quad (4)$$



Scavenging efficiency $\eta_s = \frac{V_2}{V}$

Trapping efficiency $\eta_u = \frac{V_2}{V_1}$

Where V : Cylinder Volume

V_1 : Volume of fresh air

V_2 : Volume of trapping fresh air

Fig.5 Concept diagram of Single-cycle test method

위의 세 가지 변수들의 관계는

$$\eta_s = \Lambda \eta_u \quad (5)$$

이 된다.

본 실험에서는 급기비(Λ)를 변화시켜 각 슈라우드 형상에 따른 소기효율과 급기효율을 측정하였다. 즉, 실린더의 체적(피스톤 위치 BDC기준)은 546cc이고 실험은 Λ 기준으로 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6에서 수행하였다.

4. 실험결과 및 해석

4.1 소기유동가시화 실험

소기유동가시화 실험은 각 소기 시스템에 대해 정상상태 유동 조건일 때 흡기포트 입구에서 약 1cc의 염료를 떨어뜨려 실린더로 흘러 보낸 후, 염료의 위치를 추적하여 실린더 내부 유동의 형상을 알고자 실시되었다. Fig.6의 슈라우드가 부착되지 않는 경우에서, 흡기밸브를 통해 들어온 신기들은 관성력에 의하여 반시계 방향의 정방향 턴블을 이루며, 상당량의 염료가 소기 과정 초기의 단거리 통과유동에 의해 실린더내에 잔류하지 못하고 배기밸브로 빠져나가는 경향을 보여준다. 미처 배기밸브로 빠져나가지 못한 일부 염료가 배기밸브쪽 실린더벽을 타고 아래로 내려오나 피스톤 상단부까지 이르지 못하고 있다. Fig.7의 90° 슈라우드 경우에는, 흡기밸브를 통해 유입된 신기가 흡기밸브측 실린더 하단으로 흘러들어 와서 피스톤 상단부까지 부딪친 후, 다시 배기밸브측 상단으로 흘러들어 배기밸브를 통해 흘러나가는 뚜렷한 역턴블 형태의 유동이 생성되며, 아울러 실린더 중심단면에서는 슈라우드의 영향으로 맴돌이 유동이 존재함을 알 수 있다. 또한 소기행정 초기에 약간의 단거리 통과유동이 존재함을 알 수 있으나, 슈라우드가 없는 경우보다는 적은 양임을 알 수 있다. Fig.8의 120° 슈라우드 경우, 신기가 흡입밸브로 유입되면서 90° 슈라우드보다 흡기밸브쪽 실린더 벽면측으로 몰리면서 실린더 하단으로 흘러내려 유입된다. 이것

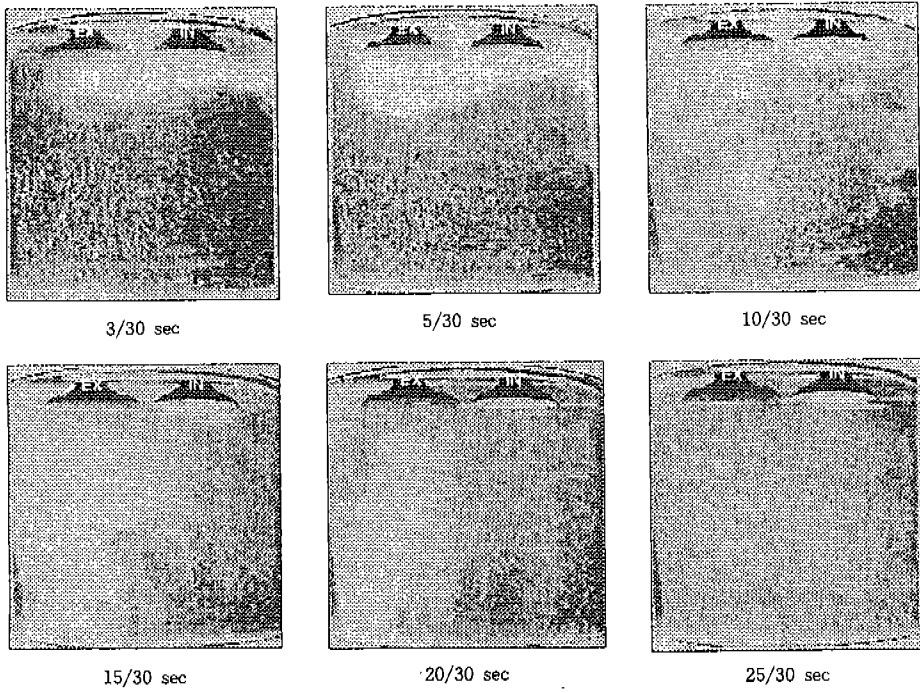


Fig.6. Dye visualization of Original port

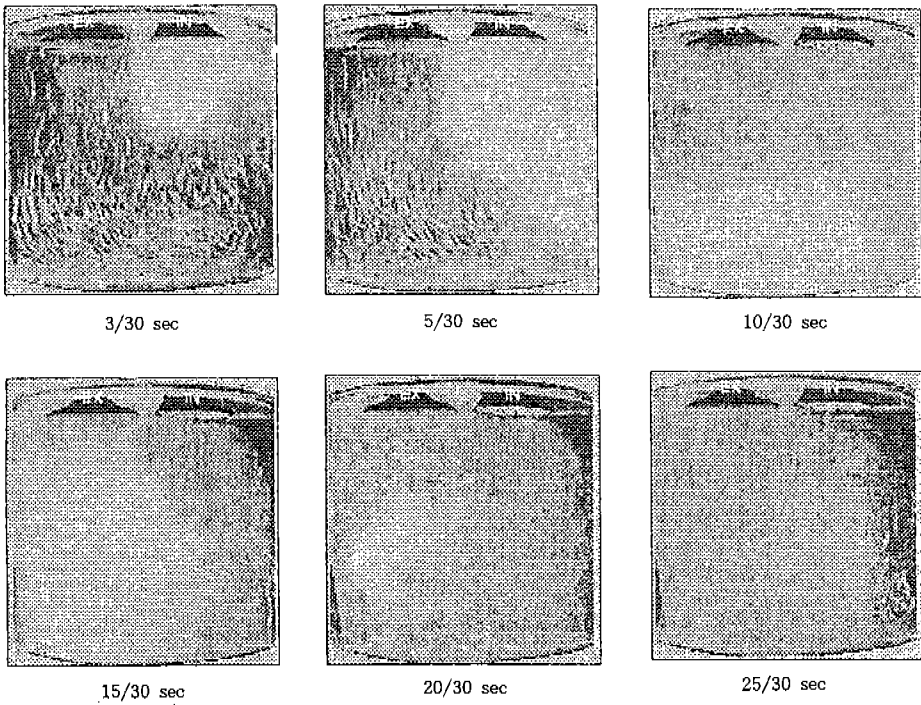


Fig.7 Dye visualization of 90° shroud valve

은 슈라우드의 각도가 커짐으로 인해, 슈라우드가 실린더 중심방향으로 흐르는 유동을 억제하기 때문인것으로 판단된다. 피스톤 상단부에서 반사된 유동은 배기밸브측 실린더 상단으로 올라가 배기밸브를 통해 빠져나가므로, 역시 역턴블 유동의 형태를 보인다. 90° 슈라우드와 다르게 배기밸브측 실린더 중앙부에서는 어떠한 맴돌이 유동도 존재하지 않는 것으로 보인다. Fig.9의 180° 슈라우드에서는 흡기밸브로부터 유입되는 신기가 보다 더 흡기밸브측 실린더 벽면으로 치우쳐 실린더 하단부로 흘러간다. 단거리 통과유동은 여전히 존재하며, 역턴블 유동의 중심이 흡기밸브측 실린더 하단부에 존재함을 알 수 있다. Fig.10의 마스크 실험에서는 실린더내로 들어온 신기의 일부가 소기 행정 초기에 실린더 중심부로 흘러 들어가고, 일부는 실린더벽을 따라 역턴블을 이루는 경향을 보인다. 역턴블을 이루는 유동의 형태가 슈라우드 조건과 비교해 넓은 면적을 가짐을 알 수 있다.

4.2 소기효율 정량화 실험

Fig.11, 12에 Single-cycle 기법을 이용한 소기효율 정량화 실험의 비교치가 나타나 있다. 실험은 흡기포트로 들어가는 소기압이 0.3bar에서 수행되었는데, 이 압력에서 흡입포트부로 들어가는 물의 유량은 약 30.6 l/min로서, 앞의 Reynolds 상사식으로 계산할 때 실제 엔진 회전수 1500rpm에 상당하는 유속을 가진다. Table 2에 실험에 사용된 제어밸브의 개폐 시간과 실린더 내로 들어가는 물의 유량이 나타나 있다. 정량화 실험에서는 가장 최적의 슈라우드 각도를 찾기 위해, 소기유동 가시화 실험결과에서 좋은 유동 패턴을 보여준 90° 슈라우드보다 더 작은 각도를 갖는 60° 슈라우드의 실험이 추가되었다.

Fig.11에서 슈라우드와 마스크 형상에 따른 소기효율의 비교가 보여지고 있다. 그림에서 가장 효율이 높게 나타난 90° 슈라우드의 경우, 급기비가 적을 경우에는 슈라우드가 장착되지 않

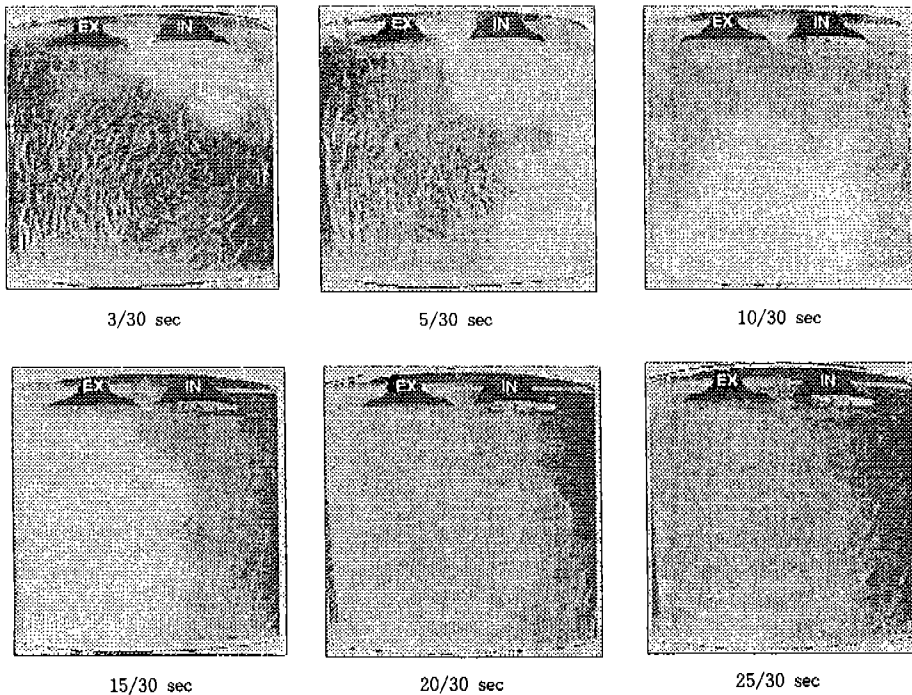


Fig.8 Dye visualization of 120° shroud valve

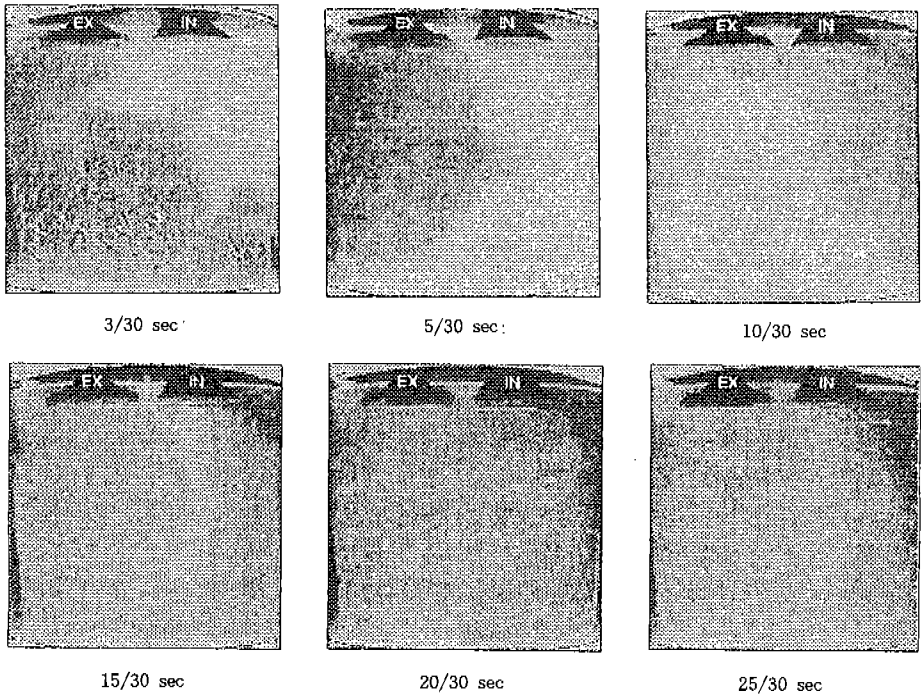


Fig.9 Dye visualization of 180° shroud valve

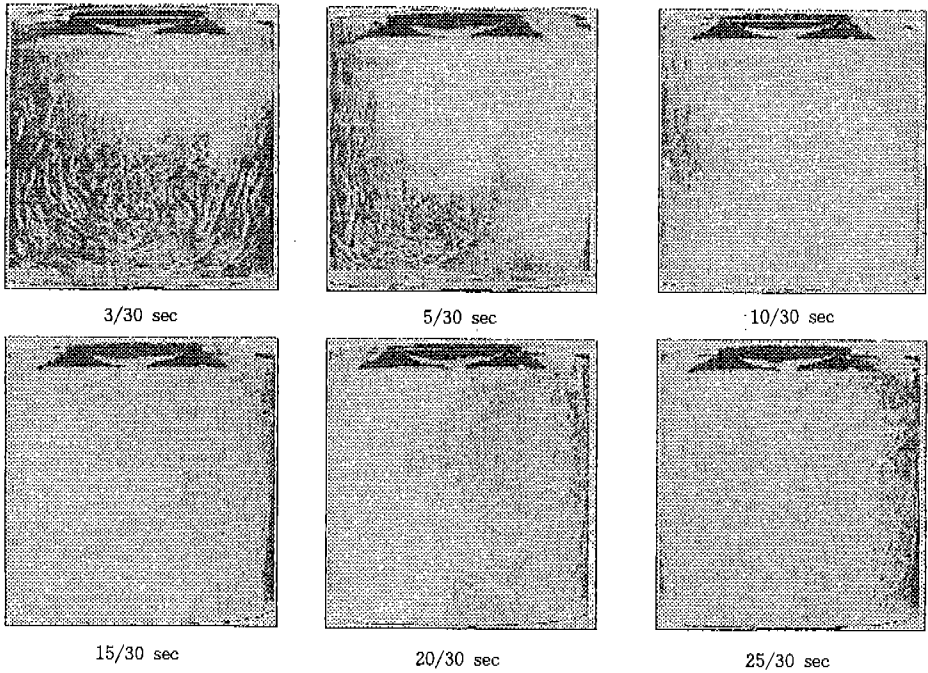


Fig.10 Dye visualization of Mask type

은 기존의 포트보다 약 10%, 급기비가 클 경우에는 약 20%가량 효율이 높은 수치를 보여주고 있다. 60° 슈라우드드는 슈라우드드를 장착하지 않은 경우보다 높은 효율을 보여주나, 최고의 효율을 보인 90° 슈라우드드 시스템보다는 낮은 효율값들을 보여주고 있다. 90° 슈라우드드에서 소기

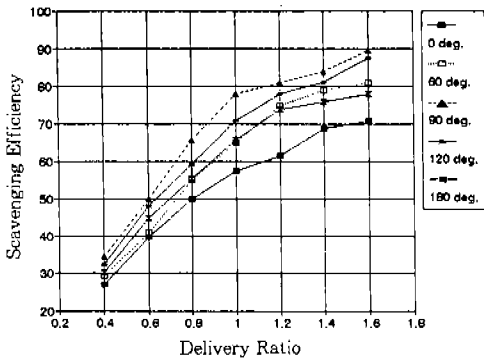


Fig.11 Scavenging efficiency variation as a function of delivery ratio for five scavenging systems

효율은 급기비가 증가할수록 선형적으로 증가하다가 급기비가 1을 넘으면서 기울기가 다소 감소하는 경향을 보여준다. 이는 앞의 소기유동가시화 실험에서 90° 슈라우드드의 유동 패턴이 가장 좋은 결과를 보여준 내용과 일치한다.

120° 슈라우드드는 급기비가 적을 경우에는 90° 슈라우드드와 비슷한 효율치를 보여주나, 급기비 0.8~1.2의 구간에서는 90° 슈라우드드의 효율 값보다 8%가량 떨어지는 수치를 보여주고 있다. 그러나 급기비 1.2이상에서는 다시 90° 슈라우드드와 비슷한 값을 갖는 경향을 보여준다.

180° 슈라우드드, 마스크의 경우도 앞의 유동가시화 실험에서 보여주었던 실린더내 소기에 적합한 역팀블 형상이 존재하므로 기존 포트보다 높은 효율을 보여주고는 있으나, 90° 슈라우드드와 비교해 상당히 소기효율이 감소되는 결과값을 보여준다. 낮은 급기비에선 그리 큰 차이를 보이지는 않으나, 급기비 0.8~1.2의 구간에서는 약 10%이상의 차이를 보이고 있다. 급기비 1.2에서 180° 슈라우드드에는 74%, 마스크는 75%의 소기효율을 보여주고 있다.

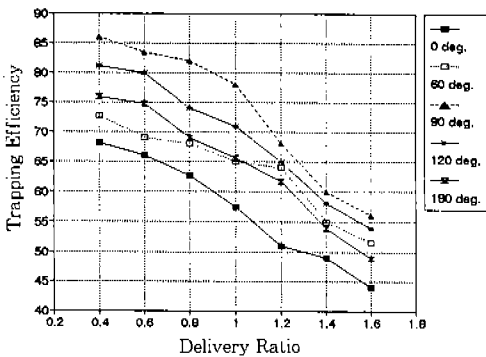


Fig.12 Trapping efficiency variation as a function of delivery ratio for five scavenging systems

Fig.12에서는 급기비가 증가할수록 급기효율은 감소함을 알 수 있다. 급기효율의 경우에도 90° 슈라우드드가 장착된 시스템의 경우, 슈라우드드가 장착되지 않은 기존 포트의 실험에서보다, 약 20%의 효율 개선을 보여주고 있다. 급기비 0.4에서 약 86%의 급기효율을 가지나, 급기비 1.6에서는 56%로서 30%가량의 효율을 저하가 나타난다. 이는 반드시 실린더내로 신기를 많이 넣어 주는 것만이 최고의 효율을 가지는 것이 아니라는 것을 보여준다. 2-행정엔진에서 실제로 사용되어지는 급기비 1.2~1.4의 구간에서 90° 슈라우드드의 급기비는 70%에 못 미치는 효율을 보여준다. 90° 슈라우드드보다 작은 60° 슈라우드드

Table 2 Test condition of scavenging performance

λ (급기비)	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
이론 신기양(ml)	218.4	327.6	436.8	546	655	764	873.6
실제 신기양(ml)	220	330	440	540	640	780	860
시 간(λ , sec)	0.42	0.65	0.88	1.05	1.3	1.44	1.64

의 급기효율은 앞의 소기효율과 마찬가지로 120° 슈라우드보다 낮은 효율값을 갖는다.

120° 슈라우드의 경우 급기비 0.4에서 81%, 급기비 1.2에서 65%의 급기효율을 보여주는데, 90° 슈라우드보다 비교적 선형적인 감소 곡선을 보여준다. 급기비 1.2에서 180° 슈라우드의 경우 61.7%, 마스크에서는 62.5%의 급기효율을 가지며, 이 두 가지 경우는 120° 슈라우드보다 더욱더 선형적인 감소 곡선을 보여준다. 마스크와 180° 슈라우드는 거의 유사한 효율이 보여지는데, 이는 두 조건의 형상이 유사하기 때문인 것으로 생각된다.

Fig.13는 이론적인 perfect displacement 곡선과 perfect mixing 곡선을 본 실험에서 수행된 실험의 결과치와 비교한 그림이다. Perfect mixing은 $1 - e^{-x}$ 의 곡선형태를 띄며 신기가 순간적으로 실린더내에 균일하게 분포하는 것을 의미한다. 슈라우드 90°를 장착한 경우는 perfect displacement과 perfect mixing 곡선 사이에 일치하는 것이 보여지나, 슈라우드를 장착하지 않은 경우, perfect mixing보다 낮은 효율 값을 가지는 것을 알 수 있다. 이는 슈라우드가 장착되지 않은 경우에는 그 형상이 기존 2-행정엔진의 횡단 소기식(cross scavenging type)과 유사해 신기의 대부분이 실린더내에 잔류하지 않고, 직접 배기밸브로 빠져나가는 단거리 통과유동이

강하게 나타나게 되므로 이와 같은 결과가 나타난 것으로 생각된다. 이는 실린더헤드부가 평평한 포퍼밸브형 2-행정엔진에서 슈라우드나 마스크 등과 같은 단거리 통과유동을 억제하고, 실린더내 유동 구조를 바꿔 주는 물체를 장착하지 않으면, 실린더내 효율이 나빠진다는 것을 의미한다.

Fig.14의 a는 1500rpm에서 가장 높은 효율을 보여주었던 90° 슈라우드에서 perfect mixing 값을 뺀 수치이고, b는 반대로 perfect mixing에서 가장 좋지 않은 효율을 나타낸 슈라우드가 장착되지 않은 시스템의 효율을 뺀 값들이다. a는 급기비 1까지 증가했다가 감소하는 경향을 보여주고 있으며, b는 급기비 1.2에서 감소하는 경향을 보여준다.

a/b는 a와 b의 상대적 효율값 차이의 비를 나타낸다. 급기비 0.6에서는 90° 슈라우드의 효율값이 b보다 작아지는데, 급기비 1.2를 넘어서는 a/b는 1에 가까운 수치를 보여주고 있다. 이는 급기비 0.6에서 기존밸브의 효율 감소값이 기존밸브에 90° 슈라우드를 장착한 경우의 효율 증가값보다 큰값을 가짐을 의미한다. 다시 말해서 90° 슈라우드를 기존밸브에 장착한 경우, 관련 소기효율이 급기비에 대해서 증가하는데, 각 급기비별로 슈라우드에 의한 효율 향상의 정도는 상대적으로 급기비 0.6인 경우가 가장 낮음을 알 수 있다. 소기효율 증가의 목적으로 기존밸브에

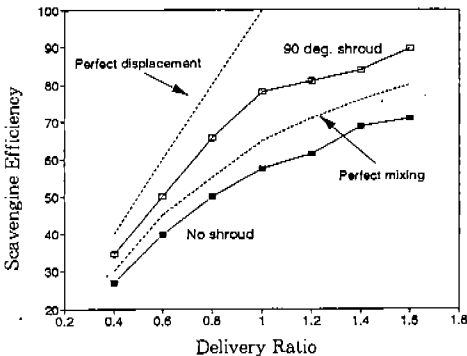


Fig.13 Comparison of perfect and measured scavenging efficiency curves

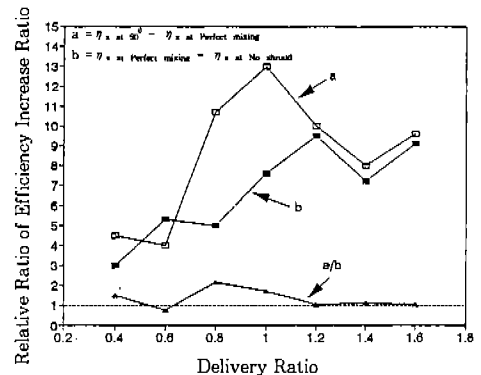


Fig.14 Comparison of perfect and measured scavenging efficiency curves(Scavenging efficiency improvement with and without shroud)

90° 슈라우드를 장착할 경우에는 급기비에 따라 전반적으로 소기효율이 향상되나, 특히 급기비를 0.8에서 1.2사이로 하면 90° 슈라우드에 의한 소기효율 향상정도를 기본밸브보다 극대화 할 수 있을 것으로 판단되어진다.

5. 결 론

본 연구는 포핏밸브형 2-행정엔진의 흡기밸브 형상 변화에 따라 실린더내 소기유동이 어떻게 변하는지를 알고자, 유동 가시화 실험과 정량화 실험을 수행하였다. 유동 가시화 실험에서 염료를 사용해 실린더 내부 소기유동의 경로와 단거리 통과 유동과 실린더내 맴돌이류의 존재를 확인하였고, 정량화 실험에서는 흡기밸브에 부착된 슈라우드 각도에 따른 실린더내 효율을 single-cycle method를 이용해 해석하여 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 슈라우드를 장착하지 않은 경우, 역턴블은 보여지지 않았으며, 신기의 상당량이 단거리 통과유동으로 소실됨을 알 수 있었다. 슈라우드가 장착된 경우, 역턴블 유동이 강하게 나타났고, 실린저 중심 부근에 맴돌이류가 생성됨을 확인할 수 있었다.
- 2) Single-cycle method를 이용하여 측정한 소기 및 급기효율은 90° 슈라우드에서 가장 좋은 결과를 보였고, 120°, 60°, 180°, 그리고 슈라우드가 장착되지 않는 경우의 순으로 나타났다. 소기효율은 급기비가 커질수록 슈라우드 각도에 따른 효율의 차이가 커지는 곡선을 보여주며, 급기효율은 급기비가 1보다 커질 경우, 급격히 감소하는 경향을 보였다.

참 고 문 헌

1. Floyd A. Wyczalek, "Two-Stroke engine Technology in the 1990's", SAE Paper 910663, 1991.
2. Pierre Duret, "A New Generation of Two-Stroke Engine for the Future?" International Seminar, Nov., 1993, Rueil-Malmaison, France.
3. G. E. Hundleby, "Development of a Poppet-Valved Two-Stroke Engine-The Flagship Concept." SAE Paper 900802. 1990
4. K. Nomura, N. Nakamura, "Development of a New Two-Stroke Engine with Poppet-Valves : Toyota S-2 Engine." International Seminar, Nov., 1993 Rueil-Malmaison, France.
5. Daniel S. Sanborn, W. Michael Roeder, "Single Cycle Simulation simplifies Scavenging Study", SAE Paper-850175, 1985.
6. K. Sato, H. Ukawa, and M. Nakano, "A Two-Stroke Cycle Engine with Poppet Valves in the Cylinder Head-Part II", SAE Paper 920780, 1992.
7. 강건용, 이진욱외, "자동차용 포핏밸브형 2-행정 기관의 정상 상태 소기 유동(I); 실험적 연구", 한국자동차공학회 1994 추계 학술대회 초록집, pp. 263~268, KSAE 943910, 1994