

<논 문> SAE NO. 97370041

텀블강화형 밸브에 의한 흡기포트 및 실린더내의 유동 특성에 관한 연구

A Study on the Flow Characteristics of the Intake Port and Cylinder Generated by a Tumble Intensifying Valve

이 기 형*, 이 창 식*, 정 재 우**, 전 문 수**
K. H. Lee, C. S. Lee, J. W. Jeong, M. S. Jun

ABSTRACT

Gas flow field within the cylinder which is called a tumble flow is important factor in improving lean combustion stability. In this study, steady state flow tests were performed to quantify tumble ratio of flowfields generated by a tumble intensifying valve(TIV). In addition, velocity and fluctuation profiles in an intake port and flowfields in the cylinder were inspected using a hotwire anemometer and a laser light sheet method with various TIV configurations. These experimetal results show that installed TIV has a great effect on flow field distribution in an intake port and these effects enhance a tumble flow in the cylinder.

주요기술용어 : TIV(텀블강화밸브), Hot-wire Anemometer(열선유속계), Impuse Tumble Meter(텀블측정장치), Tumble Ratio(텀블비), Visualization(가시화)

1. 서 론

최근의 자동차용 가솔린 기관 개발에 있어서 중요한 문제로 대두되고 있는 것이 환경 문제와 무역규제등의 이유로 인한 저공해 및 저연비의 실현이며, 이러한 조건들의 동시만족을 위하여 제시된 것이 희박연소(lean burn)¹⁾ 시스템이다. 희박연소시의 장점은 상대적으로 적은 연료를 사

용하므로 배기가스의 저감을 기대할 수 있으며, 펌프손실, 냉각 손실의 저감과 비열비의 증대, 열해리의 감소등을 통하여 열효율 또한 동시에 증가시킬 수 있다는 점이다. 그러나 이러한 희박 연소를 실현시키기 위하여는 연료의 부족으로 인한 점화의 실패나 느린 화염의 전파속도로 인한 운전성능의 악화등과 같은 희박연소시에 생기는 문제점을 개선하여야 한다. 이와같은 문제점의 개선을 위하여 고에너지 점화나 성층화동과 같은 방법등도 매우 중요하지만 실린더내 유동장의 강화²⁾는 연료의 혼합면에서 뿐만아니라 압축행정

* 정회원, 한양대학교 기계공학과

** 한양대학교 대학원

말기, 즉 점화시기의 난류강도의 증가를 통하여 희박연소시 연소의 속도를 촉진시키는 역할을 하므로, 희박연소 가솔린기관의 개발에 있어서는 실린더내의 적절한 유동장의 제어와 그 평가기술이 매우 중요한 문제로 부각되고 있다. 이러한 연소실내에 생성되는 유동장을 제어하는 방법으로 다양한 스윙 제어밸브(swirl control valve)를 제작하여 크랭크 각도에 따른 난류강도를 측정해 본 결과, 텀블유동을 강화시킨 경우가 점화시기 부근의 난류강도 증가에 효과적이란 사실이 판명되었으므로³⁾, 본 연구에서는 구조의 단순함과 실용성 면에서 우수한 버터플라이식의 텀블강화형 밸브(tumble intensifying valve, 이하 TIV로 표기함)를 사용하여 실린더내의 텀블유동을 강화시키고, 그 강화된 유동을 각운동량 측정장치를 이용한 정상 유동 측정실험⁴⁾을 통하여 텀블비의 형태로 정량화하였으며, 아르곤이온 레이저를 이용한 가시화 장치를 이용하여 실린더내의 유동을 정성적으로 파악하였다. 이외에도 가시화된 유동장을 정량적으로 분석하기 위하여 열선 유속계⁵⁾를 이용하여 흡기포트와 실린더내의 유속분포도 측정하였다. 이러한 실험을 통하여 TIV 부착시에 생성되는 흡입 유동특성을 파악하였고, 흡기포트내의 주유동 방향과 정상유동 상태의 텀블비 특성과의 상호관계를 해석하였다. 또한 유동장 가시화 실험을 통하여 텀블비로서 정량화된 유동장의 실제 유동패턴을 파악하였고, 흡기포트내의 주유동방향과 연소실내의 유동장 형성과정의 인과관계를 분석하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 흡기포트 및 TIV 형상

본 실험에 사용한 실린더 헤드는 유동실험을 위하여 특수 목재로 제작한 것으로서, 흡기포트는 사이아미즈(siamize) 형상을 가진 좌우 대칭 포트이고, 연소실은 펜트루프(pent-roof) 형상이며, 실린더직경은 75mm이다. 이러한 두개의 흡기포트를 가지고 있는 구조의 실린더 헤드는 스윙유동보다는 텀블유동 생성에 유리한 소질을 가지고 있는 형상임을 이미 다른 논문에서 밝힌바

가 있으므로⁶⁾ 본 연구에서는 텀블강화 효과에 실험만을 수행하였다. Fig.1에 본 실험에 사용된 실린더헤드의 흡기포트 및 연소실형상을 나타내었다.

실린더내의 유동장을 제어하는 방법으로는 헬리컬 포트(helical port), 슈라우드 밸브(shroud valve), 텀블 강화밸브(TIV), 피스톤 형상의 변화, 위상차 밸브등 여러가지 방법등이 있을 수 있으나, TIV를 제외한 방법들은 그 제작의 측면이나 또는 운전영역에 따른 흡입 유량의 확보등에 문제가 있을 수 있으므로, 구조나 실용성의 면에서 장점을 가지고 있는 버터플라이 형상의 TIV가 희박 연소 기관을 위한 유동장의 제어수단으로 주목을 받고 있다. 본 실험에서 사용된 TIV는 Fig.2와 같은 텀블강화형으로서, 그 개구율은 20%, 30%, 40%의 세가지 형태이며, 그

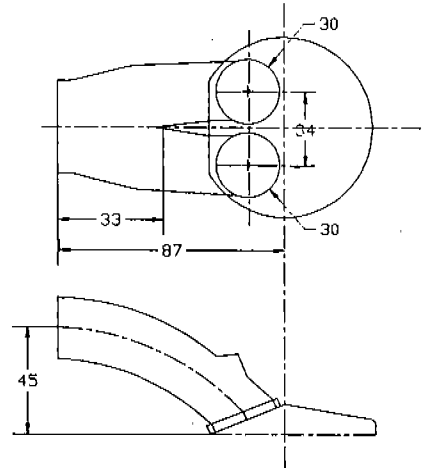
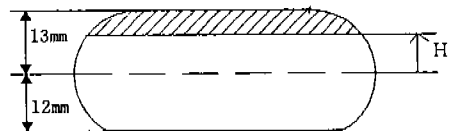


Fig.1 Configuration of intake port and combustion chamber



H=6.7mm (20%)
H=4.0mm (30%)
H=1.4mm (40%)

Fig.2 Configuration of a tumble intensifying valve

림에서 타원형의 흡기포트면에 대하여 빗금부분은 개구부(opening rate)를 나타낸다. 또한 TIV의 부착위치 변화에 따른 흡입유동의 특성을 조사하기 위하여 TIV를 실린더헤드의 포트면, 그리고 포트면으로부터 유동방향에 대하여 하류 쪽으로 10mm 후방의 두가지 위치에 번갈아 부착하였다. 또한 흡기 입구부의 흡입저항에 대한 유동특성을 파악하기 위하여 흡기부에 벨마우스(bellmouth)를 설치하여, 흡기부의 저항이 상대적으로 적은 상태의 유동상태를 조성한 후 벨마우스를 설치하지 않은 경우와 비교 실험도 수행하였다. Fig.3은 실험에 사용된 TIV의 부착위치 및 벨마우스 형상을 나타낸 그림이다.

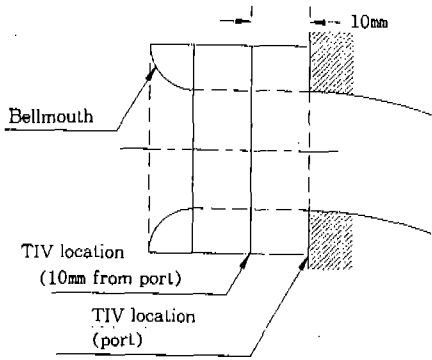


Fig.3 Locations of TIV and Bellmouth installation

2.2 유속 측정 시스템 및 측정 위치

본 실험에서는 흡기포트내 및 실린더내의 유속 측정을 위하여 정온도형 열선유속계를 사용하였으며, 열선은 지름 5 μ m인 텅스텐 재질의 I형을 사용하였고, 보정실험시 유속과 출력 전압과의 관계는 일반적으로 King's 법칙을 따르며 보정 실험의 결과로서 다음 관계식의 상수 A, B를 계산하였으며, 보정 실험시 관계식에 의한 유속의 보정 유속에 대한 오차의 평균은 약 3.33%였으며 최대 8.5%, 최소 1% 미만이었다.

$$V^2 = A + B\sqrt{U} \tag{1}$$

여기서, V : 출력전압 U : 유속(m/s) A, B : 상수

열선 유속계는 열선 원통의 중심축에 수직방향으로 유동이 흐를 때 최대의 출력 전압을 나타내는 특성을 가지고 있으므로, 본 실험에서는 각 측정점에서 프로브를 회전시켜 주방향 유동인 최대 출력전압상태에서 데이터를 취득하였다.

Fig.4는 열선 유속계의 유동에 대한 프로브의 위치에 따른 출력특성을 나타내는 그림이며, 함수 f는 열선유도계의 감도(sensitivity)를 나타내며, 감도는 유속과 출력전압과의 그래프에서 그 곡선의 접선의 기울기를 의미한다.

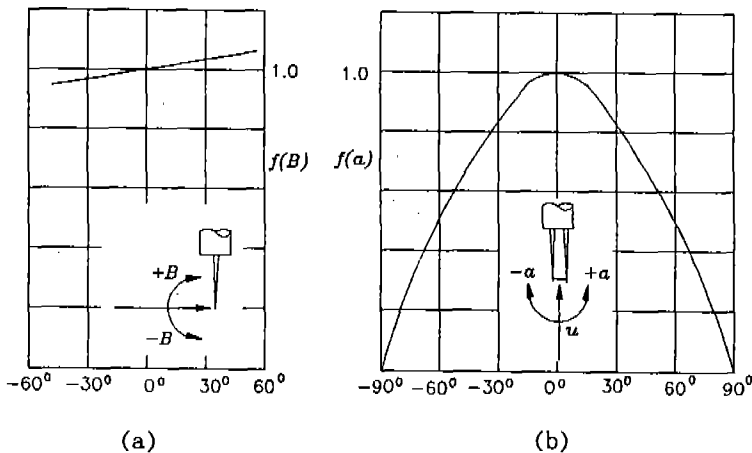


Fig.4 Directional characteristics of CTA

본 실험의 결과로서 제시되는 유속 측정값들은 유효 냉각속도와 유효 냉각속도에 대한 RMS (root mean square)값의 백분율로서 유속과 유속변동율을 나타내었다.

정상상태의 흡기포트내의 유속분포측정을 위한 실험장치는 크게 송풍기, 서지탱크(surge tank), 송풍량 조절장치, 실린더, 실린더 헤드로 구성되어 있고, 열선 유속계 측정 시스템의 구성은 CTA(KANOMAX), 직류 전압계, 자동 이송 장치, 속도 보정 장치, A/D 컨버터(DAS58, 최대 1MHz)등으로 구성되어 있으며, 이상과 같은 구성으로 된 실험장치의 개략도는 Fig.5와 같다.

실험장치는 1차원 이송장치를 개조하여 높은 조절과 이송 수직방향으로의 이동이 가능하도록 하였고, 웜기어를 사용하여 프로브 지지대에 부착한 헬리컬기어와 맞물리도록 하여 유동방향에 대한 프로브의 회전을 용이하도록 함으로써 열선 유속계의 방향성의 특성으로부터 주유동을 측정할 수 있도록 하였다.

유속측정은 흡기포트내의 측정위치를 나타낸 Fig.6과 같이 흡기밸브를 향하는 대칭형태인 두 흡기통로 중 한쪽에 대하여 포트입구면으로부터 9mm, 17mm, 25mm, 33mm되는 네지점에서 수행되

었으며, 실린더 축방향으로 흡기관 밀면으로부터의 흡기관깊이를 h , 측정깊이를 y 라 하였을 때, y/h 가 0.148, 0.296, 0.444, 0.592, 0.74, 0.888 가 되는 6가지 위치에서 실시하였다. 단, 이때의 실린더내의 흡송차압은 250mmAq로 유지하였으며, 밸브양정은 7.5mm로 하였다.

또한 가시화 실험을 통하여 정성적으로 확인된 정상 흡입상태에서 형성되는 실린더내의 유동장 특성을 정량적으로 평가하기 위하여, 본 실험에서는 열선유속계를 이용한 실린더내의 유속분포 측정 실험을 수행하였고 이러한 실험장치의 개략도는 Fig.7과 같으며, 실험시의 측정위치를 Fig.8에 나타내었다. 밸브 리프트는 7.5mm에서 TIV (20% 개구율) 부착시 미부착시에 대하여 측정하였으며, 실험시 모든 측정점에서 열선유속계의 방향성을 이용하여 유동의 주방향을 확인하기 위하여, 10° 간격으로 180° 범위에서 회전하여 각 각도에 대한 데이터를 취득하였으며, 그 평균치가 가장 큰 각도에서의 유속값을 사용하여, 그 각도와 속도를 주방향 각도와 속도로 간주하였다.

2.3 흡입유량 및 각운동량 측정장치

정상상태에서의 흡입공기 유량의 측정은 출력

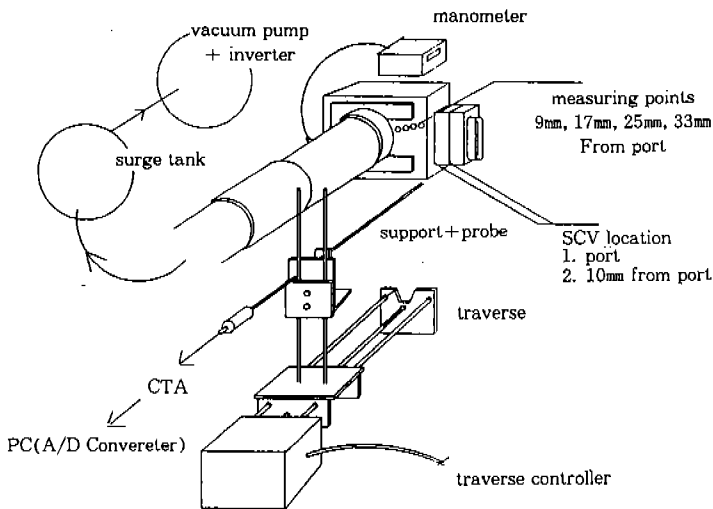


Fig.5 Schematic diagram of the experimental system for measuring velocity and fluctuation in an intake port

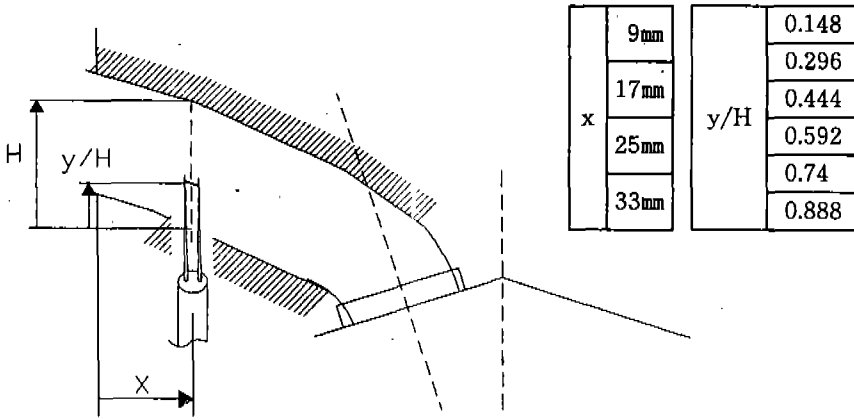


Fig.6 Measuring points in an intake port

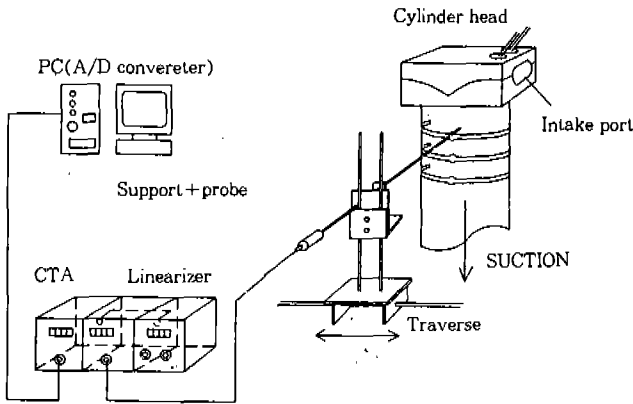
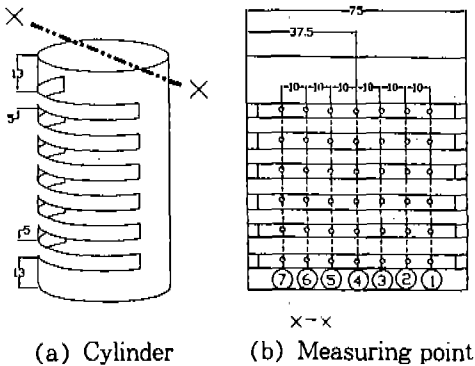


Fig.7 Schematic diagram of the experimental system for measuring velocity in the cylinder



(a) Cylinder

(b) Measuring point

Fig.8 Measuring points in the cylinder

의 예측면에서 뿐만아니라 실린더내 유동의 틸트 비 측정을 위하여도 필수적이므로, 본 실험에서는 흡입 행정 중의 기관상태를 모사한 Fig.9와 같은 정상 유동 실험장치를 제작하였다. 유량을 측정하는 방법으로는 오리피스를 이용하였으며, 실험조건에 밸브리프트에 대하여 진공펌프를 사용하여 실린더내 흡송차압(ΔP_1)이 일정하도록 하였을 때 발생하는 오리피스 전후의 차압(ΔP_2)을 측정하여 다음과 같은 식을 이용하여 흡입 공기유량을 산출하였다.

$$G_s = 3.474kd^2 \left(1 - 0.3094 \frac{\Delta P_2}{P_1 - 22} \right) \quad (2)$$

$$\times \sqrt{\frac{1.293}{1 + 0.00367t_2}} \cdot \sqrt{\frac{P_1 - 22}{760}}$$

$$\cdot \sqrt{\Delta P_2} \quad (kg/s)$$

ΔP_2 : 오리피스 전후차압(mmAq)
 k : 오리피스 유량계수

여기서,

- G_s : 실제로 흡입되는 공기유량(kg/s)
- d : 오리피스 직경(cm)
- t_2 : 흡입후 온도(°C)
- P_1 : 대기압(mmHg)

실린더내의 텀블 유동을 측정하기 위하여는 정량적으로 손쉽게 해석할 수 있는 방법인 각운동량 측정장치를 사용하였으며, 측정시 Fig.9의 스월 측정 장치부 대신 Fig.10과 같은 구조를 한 텀블 측정 장치를 부착하여 텀블비를 측정하였다.

본 실험에 사용된 텀블 측정장치의 특징은 실린더헤드를 수평으로 설치하여 실험의 용이성을 도모하였으며, 공기의 누출방지를 위하여 레버린

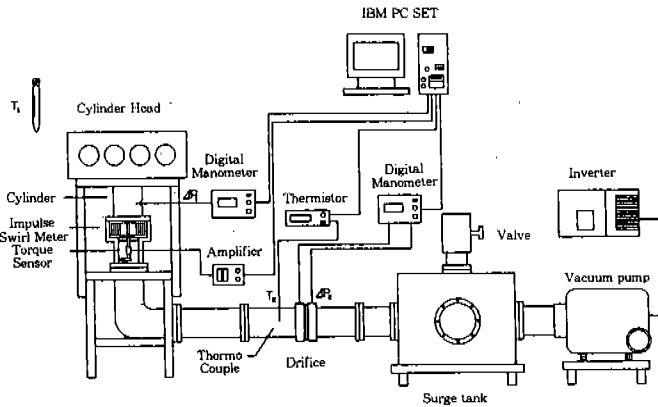


Fig.9 Schematic diagram of the steady-flow test apparatus

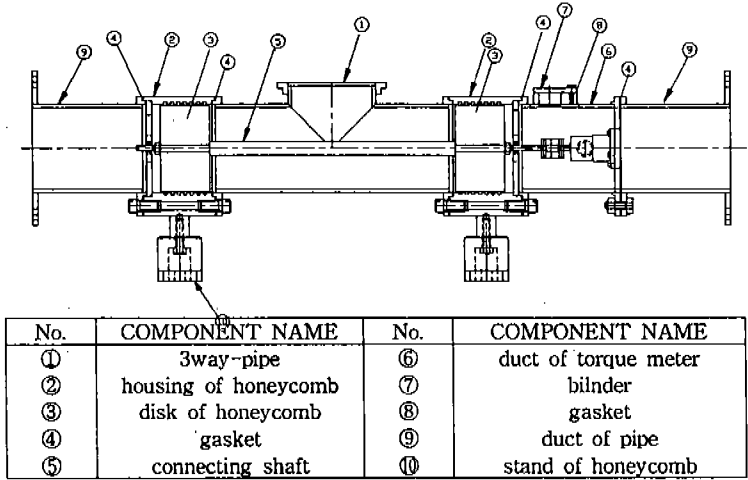


Fig.10 Detail shape of developed impulse tumble meter

스(labyrinth)형상의 케이스를 제작하였고, 또한 실린더헤드를 회전시킬 수 있는 어댑터를 부착함으로써 텀블비의 최대값을 측정할 수 있도록 하였다. 텀블비를 정의하는 방법에는 여러가지 식들이 적용되고 있으나, 본 연구에서는 각운동량 측정장치에 의하여 측정된 각운동량(angular momentum) G를 이용하여 다음과 같은 방법으로 텀블비(TR)를 산출하였다.

$$TR = \frac{\pi D n / 60}{Q_0 / A} \quad (3)$$

$$n = \frac{4T}{Q_0 D^2 / 2} \times \frac{1}{2\pi} \quad (4)$$

여기서,

D : 실린더 직경(m)

T : 토크량(N·m)

Q₀ : 흡입 공기 유량(m³/s)

A : 실린더 단면적(m²)

2.4 가시화 실험장치

본 논문에서는 각운동량 측정장치에 의해 정량화된 실린더의 흡입 유동장 형태를 정성적으로 파악하기 위하여 레이저 시트(laser sheet)법에

의한 가시화 장치를 구성하여 실험을 수행하였다. 가시화 실험장치의 주요 구성품은 레이저 광원 부로서 수냉식 아르곤 이온 레이저(5W, LEXEL사)를 사용하였으며, 광원부에서 출사된 레이저 빔을 시트형상으로 만들기 위한 원통형 렌즈, 산란입자를 공급하기 위한 산란입자 공급장치, 또한 촬영장치로서 35mm 카메라를 사용하였다. 산란입자로서는 평균입경 80μm의 micro balloon(Union Carbide사 제품)을 사용하였으며, 촬영시 레이저 시트의 두께는 1.5mm로 하고 카메라의 노출시간은 산란입자의 궤적이 잘 나타나도록 1/30초로 고정하였다. Fig.11은 가시화 실험장치의 개략도를 나타내고 있다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 TIV 부착에 따른 흡입 유동 특성

TIV 부착에 따른 흡기포트내의 유동변화 및 유동저항을 판단하기 위하여, 앞절에서 설명한 Fig.9와 Fig.10과 같은 정상유동 실험장치를 이용하여, 포트내 유동이 실제 기관에서와 마찬가지로 발달될 수 있도록 흡송차압을 설정하였으며, 이 경우 밸브리프트에 따른 텀블비와 유량을 측정하였다. 밸브리프트는 4.5mm에서 9mm까지

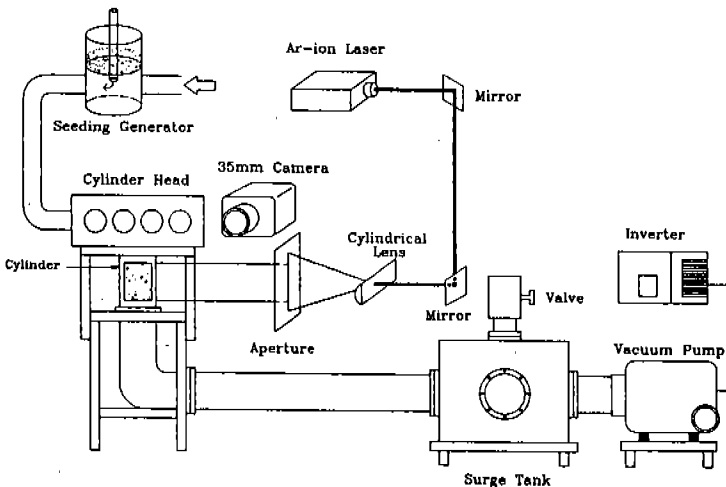


Fig.11 Schematic diagram of visualization system using laser sheet

1.5mm 간격으로 실험을 수행하여 그 결과를 Fig. 12에 나타내었다. Fig.12의 (a)는 밸브리프트에 따른 유량의 변화를 나타내고 있으며, 본 실험기관의 경우 밸브리프트가 증가할수록 흡입 유량이 증가되는 결과를 보이고 있으나 밸브리프트 7.5 mm 부터는 증가폭이 둔화되고 있다. 한편, TIV 를 부착하였을 경우는 흡입 유량에 대한 흡기저항의 증가에 따라서 TIV 부착전에 비하여 밸브 리프트 증가에 따른 흡입 유량의 증가가 저하되고 있으며, 특히 TIV의 개구율이 작아질수록 흡입유량의 증가폭이 감소되고 있음을 알 수 있다.

밸브리프트 증가에 따른 텀블특성을 나타낸 Fig.12의 (b)에서 알 수 있는 바와 같이 TIV의 부착에 의하여 텀블유동이 강화되고 있는 경향이 잘 나타나고 있으며, TIV의 개구율이 작아질수록 텀블비의 강화효과가 증가되는 결과를 보이고 있다. 따라서 Fig.2와 같은 텀블강화형 TIV를 이용하여 DOHC 구동 방식 기관의 실린더내에 원하는 텀블유동을 형성시킬 수가 있음을 확인하였고, 이와 같은 TIV를 사용하면 흡입유량의 감소가 불가피하므로 텀블비와 흡입 유량계수의 양립을 고려한 TIV의 형상설계가 중요함을 알 수가 있었다.

3.2 TIV 형상에 따른 흡기포트내 유동 특성

흡기포트내의 유속측정 실험은 밸브 리프트 7.5

mm에서 수행되었으며, Fig.13은 TIV 미부착시의 포트내 주유속과 유속변동율을 나타낸 그림이다. 흡기포트 입구(upstream)로 부터 연소실 측(downstream)으로 이동해 감에 따라 주유동의 유속분포가 흡기포트 상부측으로 편중되어 감을 보이고 있다. 또한 유속이 빠른 포트 상부측은 관성력도 증가됨에 따라 유동장의 변동율도 감소되고 있으나, 포트의 하부에는 유속의 변동치가 증가되고 있는 결과를 나타내고 있다.

Fig.14의 (a)는 TIV 개구율에 따른 흡기포트 내의 주유속 분포를 나타낸 결과이며, (b)는 유속변동율의 분포를 나타내고 있다. TIV의 형상에 따라서 서로 다른 유속분포를 보이고 있으며, TIV의 개구율이 작을수록 최고 유속지점이 흡기 포트의 상부측으로 이동됨을 알 수 있다.

이와같은 결과는 Fig.2의 TIV 개구 위치 그림에서 보여준 바와 같이 개구면적의 중심부로 유입되는 유속이 최대값을 나타내고 있다는 사실을 보여주고 있으며, 이러한 주유속 방향의 포트상부로의 편중이 결과적으로 텀블비의 증가를 초래하였다고 판단된다. 유속변동율의 면에서는 TIV 미부착시 포트하부에 최고치가 나타나는 반면, TIV의 개구율 변화에 따라서 포트의 중간부분에 최고치가 형성되는 것을 알 수 있다. 이는 TIV 부착시 TIV를 지난 직후의 유동장에 속도의 변동 성분이 큰 경계면을 가지는 재순환영역이 존

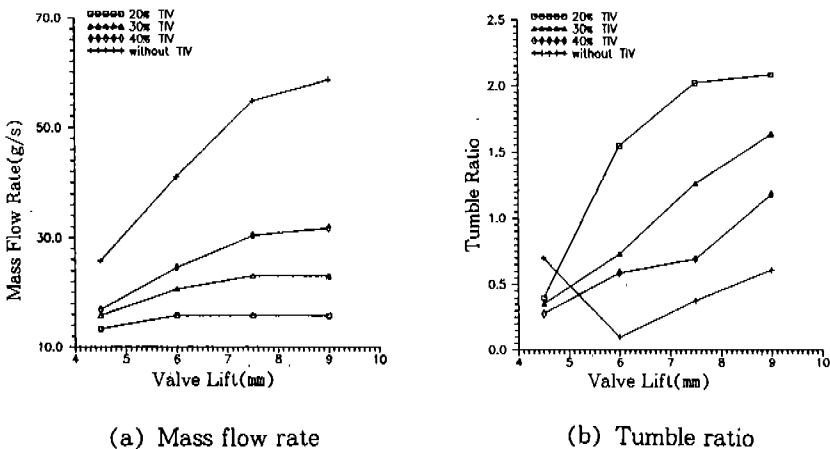


Fig.12 Mass flow rate and Tumble ratio according to valve lift

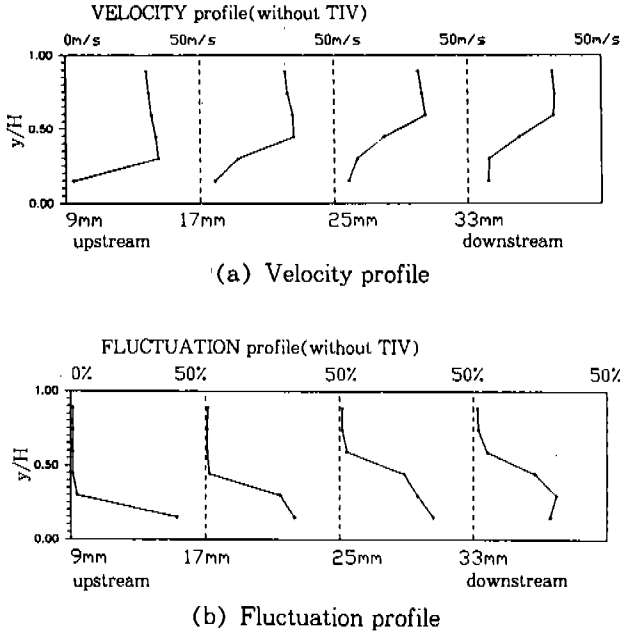


Fig.13 Velocity and fluctuon profiles in an intake port without TIV

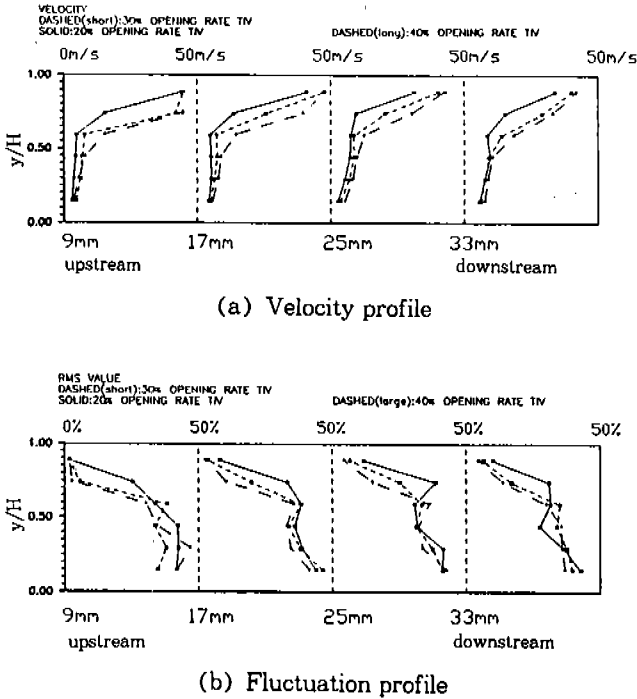


Fig.14 Velocity and Fluctuation profiles in an intake port with various TIV

재한다는 사실을 간접적으로 시사하고 있으며, 하류로 갈수록 TIV가 없는 경우와 마찬가지로 포트 중심선 아래인 하부로 갈수록 속도의 평균 유속에 대한 유속의 변동율이 증가되는 경향을 보여주고 있다.

3.3 TIV 부착위치 및 흡기저항 변화에 따른 흡기포트내의 유동 특성

흡기포트로 유입되는 공기의 저항을 최소화하여 유동손실을 줄이기 위한 방안으로 흡기 포트 입구에 벨마우스를 설치하는 것이 흡입 유량확보의 면에서 효과적이라는 사실이 보고되고 있으며²⁾, 이러한 벨마우스의 설치에 따른 텀블비와 흡기포트내의 유속분포를 측정하여, 그 결과를 Fig.15와 Fig.16에 나타내었다.

벨마우스의 부착으로 인하여 흡기포트로 유입되는 유동장이 정류되므로 흡기포트내의 유속분포가 비교적 균일한 현상을 나타내고 있으며, 평균유속에 대한 변동값인 유속변동율도 적은 것으로 측정되었다. 또한 흡입 유량계수는 벨마우스를 설치한 경우가 더 양호한 결과를 나타내고 있으며, 텀블비는 대조적으로 벨마우스를 설치하지 않은 것이 더 유리한 결과를 보이고 있다. 이러한 유속분포와 텀블비 측정결과로부터 텀블비 강화를 위하여는 흡기포트의 상부측에 주유동 방향이 편중되는 것이 효과적이며, 흡입 유량계수 확

보면에서는 흡기포트 하부에도 어느 정도의 유속 분포를 가지는, 즉 유동이 통과하는 포트 전단면에 대하여 유속의 분포가 균일한 경우가 유리하다는 사실을 알 수가 있다. Fig.17은 부착위치 변화에 대한 한 예로 20% 개구율의 TIV 부착시의 실험 결과를 나타내고 있으며, 흡기포트내 유동은 주유속 분포에는 큰 영향을 미치지 못하였으나, 유속 변동율에는 영향을 미치고 있으며, 특히 포트면에서 부터 9mm되는 지점에서의 측정 결과에서 알 수 있는 바와 같이 TIV가 포트면에서 10mm 후방에 위치하였을 때가 포트면에 부착하였을 경우보다 좀더 큰 유속변동율을 보여주고 있다. 본 실험에 사용된 실린더 헤드에 있어서의 부착위치 변화에 대한 텀블비의 변화는 그리 크지 않았으며 흡기 포트면에 부착하는 경우가 약간 우세한 것으로 나타났다.

3.4 TIV 형상에 따른 실린더내의 유동장 비교

가시화실험은 Fig.11에서 설명한 바와 같은 장치를 이용하여 실시하였으며, 흡기포트내의 유속이 측정된 7.5mm의 벨브리프트에 대하여, 세 종류의 TIV 부착시와 미부착시에서의 유동장을 관측하였다. Fig.18은 벨브리프트 7.5mm에서의 TIV 미부착시에 대한 가시화 결과와 20%의 개구율을 가진 TIV 부착시의 가시화 결과를 비교한 그림이며, 가시화 그림의 좌측상단 부분이 흡

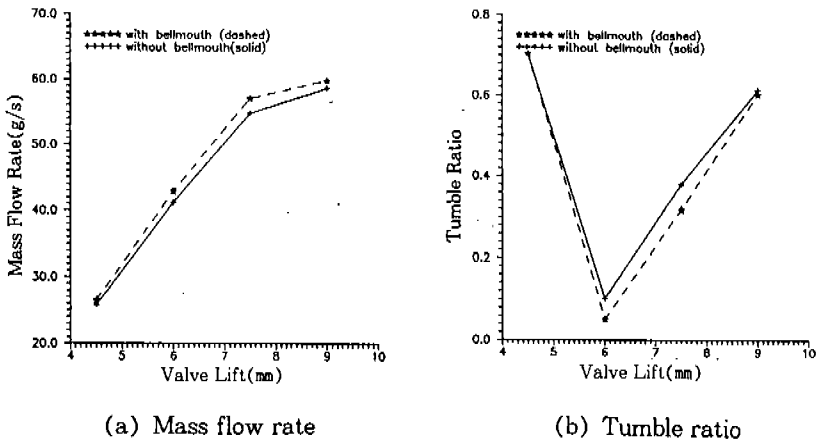


Fig.15 Tumble ratio and massflow rate according to intake resistance

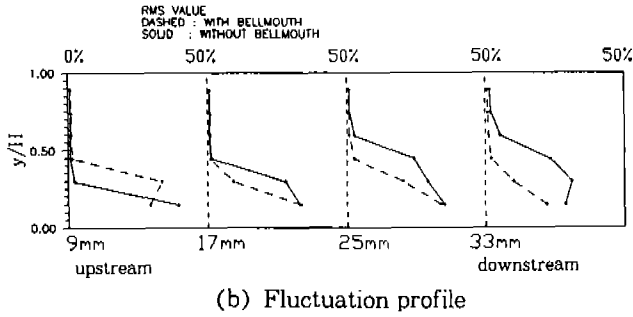
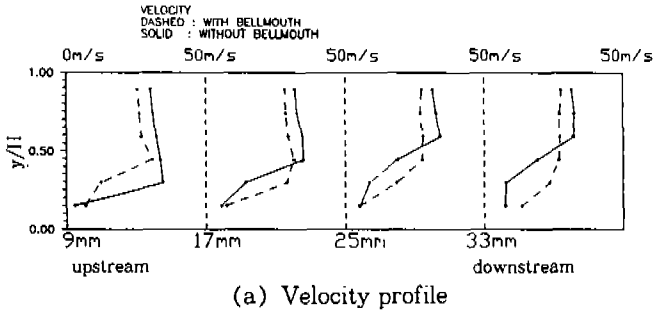


Fig.16 Velocity and fluctuation profiles in an intake port according to intake flow resistance.

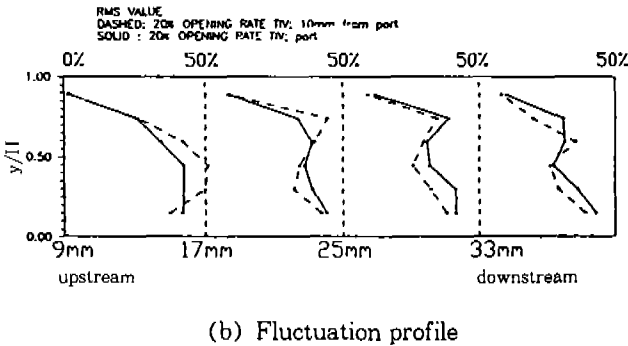
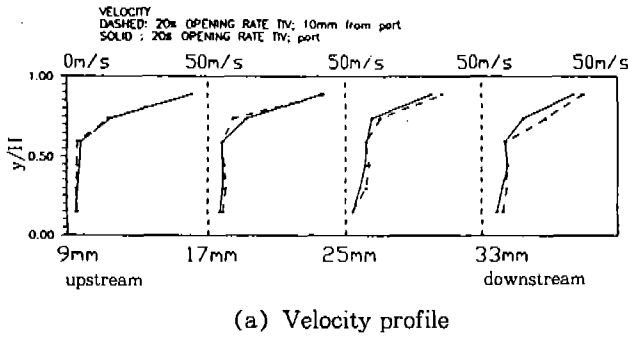


Fig.17 Velocity and fluctuation profiles in an intake port on 20% opening rate TIV locations

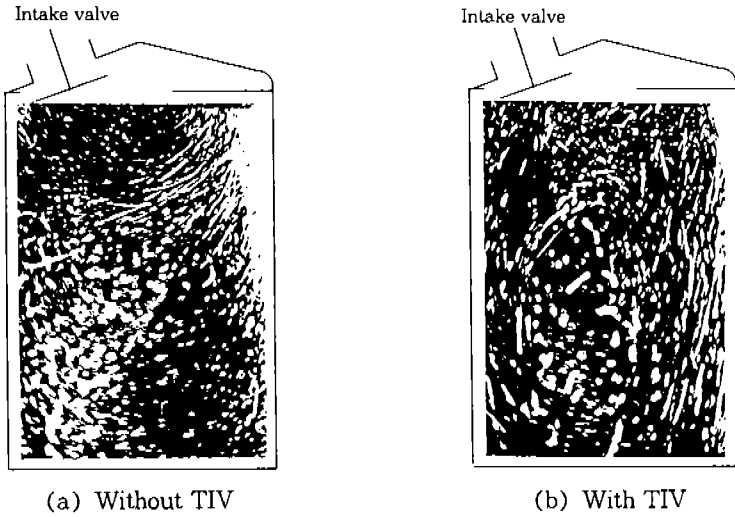


Fig.18 Flowfield visualization in a cylinder at TIV(20% opening rate and at without TIV(lift=7.5mm)

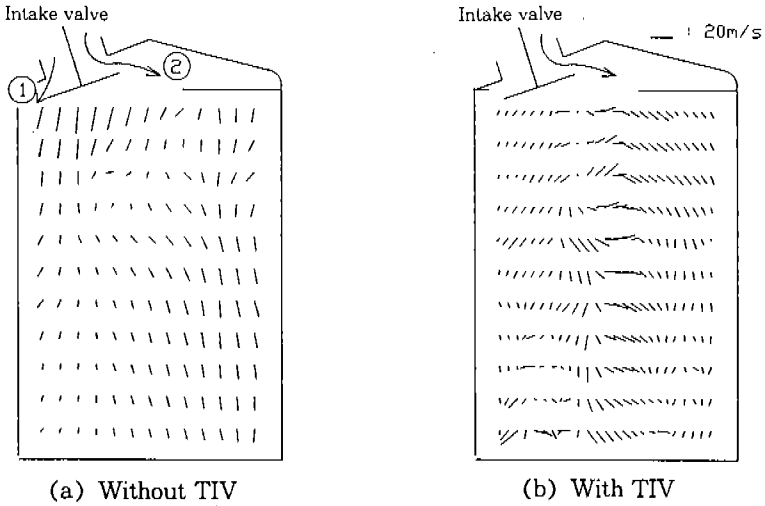


Fig.19 Flowfield in a cylinder measured with CTA

기밸브의 위치이다. TIV 미부착 상태(Fig.14의 (a))에서는 흡기포트로부터 반대편 실린더 벽면을 향하여 흡기포트로부터 유입된 유동장이 실린더의 상부위치에서 실린더 중심쪽으로 위치가 이동되어 흡기밸브 바로 아래부분에 중심을 가진 하나의 텀블류를 형성하고 있는 양상을 보여주고 있다. 반면 20%의 개구율을 가진 TIV를 부착

한 경우(Fig.14의 (b))는 흡기포트로부터 유입된 유동장이 실린더 벽면을 따라 실린더의 하류로까지 진행된 후 실린더의 중심축을 향하는 실린더 전체에 형성되는 커다란 텀블류의 형태가 나타나고 있다.

Fig.19는 가시화 실험을 통하여 구한 실린더 내의 정상적인 텀블 유동장을 정량화 하기 위하

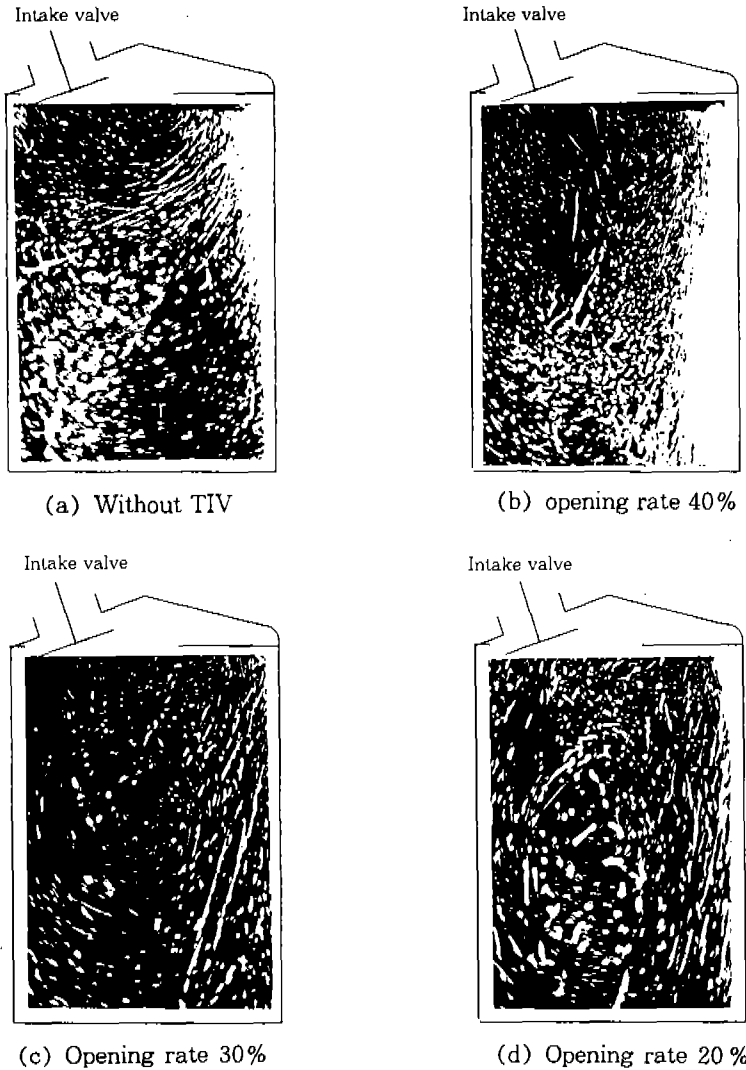


Fig.20 Flowfield visualization in a cylinder on TIV opening rate(lift=7.5mm)

여 열선 유속계를 사용하여 실린더내의 분할된 측정점에서의 유속을 측정하여 보간을 수행한 결과를 나타내고 있다. 그림에 나타난 각 속도간의 간격은 세로 방향으로 9mm, TIV 미부착의 경우는 가로 방향으로 5mm, TIV 부착의 경우는 2.5mm이다. 이 결과에서 알 수 있는 바와 같이 덤블 유동의 생성범위가 TIV 미부착시는 헤드면에서 약 45mm 위치내에 형성되고 있으나, TIV 부착시는 약 72mm의 실린더 하부에까지 덤블유동의 생성범위가 확대되고 있으며, 덤블유동의 중심이

실린더 중심부분까지 하강해 있는 양상을 보이고 있다. 이러한 덤블유동의 중심 이동은 가시화 결과와도 잘 일치하는 현상이다. 또한 TIV 부착시는 전술하였듯이 흡기밸브 후면으로의 유동(그림 중의 ①)이 상대적으로 적은 특징을 보여주고 있으며, 흡기유량의 대부분이 흡기밸브 상부(그림 중의 ②) 즉 반대편 실린더 벽면을 향하여 유입되고 있으므로 실린더내에 덤블유동을 강화시키는 작용을 한다고 여겨진다. 이러한 현상은 흡기포트내의 유속측정을 수행한 결과와 비교

해 볼 때 TIV 부착으로 인한 흡기포트내의 유속의 상부 편중분포와 매우 밀접한 관계가 있으며, 흡기포트내의 유속분포가 실린더내의 유동장 변화에 큰 영향을 미친다는 사실을 의미한다. 또한 흡기밸브를 통과하는 유동중 실린더 벽면으로 유입되는 밸브하방으로부터의 흡입유량은 텀블유동을 약화시키는 결과를 초래함을 알 수 있었다.

다음으로 TIV 형상에 대한 실린더내 유동장의 변화를 Fig.20에 나타내었으며, 정상유동 실험의 밸브리프트 7.5mm에서의 텀블비 측정결과(Fig. 12)에서와 같이 개구율이 적어질수록 텀블 유동이 발달되는 현상을 확인할 수 있다. 이는 결국 TIV 부착에 의한 흡기포트내 주유동의 상부로의 편중은 실린더내 주유동에 변화를 일으키며, 개구율이 적어질수록 그 정도가 커지고, 이와같은 흡기포트 상부면에 편중된 흡기유동이 텀블유동을 향상시킨다는 사실을 가시화를 통한 정성적인 관측과 정상유동실험을 통한 정량적인 측정결과에서 유추해 낼 수 있다.

4. 결 론

이상과 같은 다양한 유동장의 평가실험을 통하여 얻은 본 논문의 결론은 다음과 같다.

- 1) 1차원 열선유속계를 이용하여 흡기포트내의 주방향 유동 특성을 측정할 수 있었다.
- 2) TIV 부착에 의한 포트내의 유속분포는 포트 상부쪽에서의 증가현상을 나타내었고, TIV 부착에 따라 유속변동율도 증가하였으며, 특히 포트 중심면 부근의 변동이 현저하게 증가되었다.
- 3) TIV 형상의 경우, TIV의 개구율이 작아질수록 텀블비의 증가효과를 얻을 수 있으나, 흡입유량과의 양립성은 불가능하였다. 또한 부착위치에 대한 텀블비의 변화는 미세하였다.
- 4) 유동장 가시화 실험을 통하여는, 정량적으로 확인한 TIV 부착시의 텀블유동의 강화효과를 정성적으로 파악할 수 있었으며, 텀블비의 강약에 따른 유동장 형태의 비교가 가능하였다. 또한 열선유속계를 사용하

여 실린더내 유동장의 가시화 실험의 결과를 정량적으로 확인할 수 있었다.

- 5) 흡기포트내 주유동의 상부쪽에서의 편중이 심화될수록 텀블유동의 생성이 용이함을 알 수 있었다.

후 기

본 논문은 한국과학재단의 특정연구과제(과제 번호 : 93-06-00-03) 연구비에 의하여 수행된 연구 결과로서, 관계기관에 감사의 뜻을 표합니다.

참 고 문 헌

1. Aparicio J. Gomez and Paul E. Reint, "Lean burn : A Review of Incentives Methods, and Tradeoffs", SAE Paper, No. 880291
2. Isao Nagayama, Yasushi Araki, and Yasuo Iioka, "Effects of Swirl and Squish on S. I. Engine Combustion and Emission", SAE Paper, No. 770217
3. Tomonori Urushihara, Taichi Murayama, and Yasuo Takagi, Ki-Hyung Lee, "Turbulence and Cycle-by-Cycle Variation of Mean velocity Generated by Swirl and Tumble Flow and Their Effects on Combustion", SAE Paper, No.950813
4. 이기형, "가솔린 기관의 흡입 유동 특성에 관한 평가기술 개발", 생산공학연구소 논문집, Vol. 40
5. Perry, A., E., 1982, "Hot-wire Anemometry", Oxford University Press
6. H. Endres, R. Wurms, "Influence of Swirl and Tumble on Economy and Emission of Multi Valve SI Engines", SAE Paper, No. 920516
7. 福谷, 1993, "機關吸氣系の設計指針", 內燃機關, Vol.32, No.4